

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES ET DES NOUVELLES TECHNOLOGIES:
PROCESSUS COLLABORATIFS CHEZ DES ÉLÈVES D'ÉCOLE PRIMAIRE

ESSAI
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
CLAUDIA ÉCREMENT

JUIN 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier quelques personnes qui m'ont soutenue au cours des années encourues à réaliser ce travail ainsi que des activités cliniques liées à la complétion des études doctorales.

Tout d'abord, je souhaite remercier Jacques Lajoie, professeur au département de psychologie à l'UQÀM. Je suis reconnaissante qu'il ait eu l'audace de me permettre de réaliser cette étude et qu'il m'ait encouragée à rencontrer les captivants chercheurs du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Il a aussi su faire en sorte qu'à travers toutes les difficultés rencontrées, j'ai pu compléter ce projet d'études.

Merci également à ma co-directrice, la professeur Marion A. Barfurth, de m'avoir soutenu durant ce long travail, et ce en dépit de ces embûches. Grâce à sa personne et à son expertise, j'ai su mener ce projet à terme.

Les professeurs Tamara Lemerise, Georgette Goupil et Milton Campos ont été très généreux. Merci pour leurs commentaires constructifs. Leurs contributions ont favorisé l'avancement ainsi que la réalisation de ce travail.

Merci à Brian Silverman, chercheur associé au *Epistemology and Learning group* au MIT, de m'avoir initié à la robotique des *Crikets* et aux chercheurs du MIT. Susan van Gelder a eu confiance en mon projet de recherche, me permettant d'observer ses élèves. Merci pour cette générosité.

Merci à Mitchel Resnick, professeur au *Epistemology and Learning group* au MIT et à Robbie Berg, professeur au Département de sciences physiques au Wellesley College, pour la formation qu'ils m'ont offerte ainsi que la possibilité d'expérimenter avec leur matériel robotique.

Merci à Monsieur Jean Bégin, statisticien et enseignant hors pair, pour son écoute, ses conseils et son savoir incontestable. Je suis aussi très reconnaissante envers Monsieur Bernard Casavant que je remercie pour son esprit critique et sa grande connaissance de langue française. Ses nombreuses corrections et son talent d'écrivain m'ont grandement permis d'améliorer la qualité de ce travail.

Il est important pour moi de remercier Madame Louise Despard-Léveillé, Monsieur Gérald P. Marino et Madame Diane Morin, des psychologues et des mentors d'une grande compétence, par qui je m'estime très privilégiée d'avoir été supervisée lors de mes activités de stages. Leur aide et leur soutien m'ont été grandement bénéfiques dans la poursuite de mes études.

Merci à Josée Douaire et Marika Jauron, assistantes de recherche, qui, avec une très grande patience et efficacité, m'ont aidé dans la cotation des données et la mise en page de cet essai, leur temps était très précieux.

Mes parents, Suzanne Potvin et Michel Écrement, et ma sœur, Éliza Écrement, m'ont fait part d'un amour inconditionnel et, depuis mon enfance, me soutiennent et me guident dans mon cheminement personnel et professionnel. Je les remercie profondément.

Je veux aussi remercier mon conjoint François St-Père, qui, de par ses encouragements et ses conseils, m'a aidé à compléter ce travail et à surmonter cette épreuve. Son soutien inconditionnel, son écoute et sa disponibilité m'ont grandement aidée.

Enfin, à ma fille Sarah qui grandit en moi. Au cours de ces derniers mois d'achèvement de rédaction, sa venue tant espérée était la source d'énergie nourrissant ma détermination.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
RÉSUMÉ	vii
INTRODUCTION: Les enjeux de l'enseignement des sciences au primaire.....	1
CHAPITRE I: RECENSION DES ÉCRITS ET OBJECTIFS DE RECHERCHE	4
1.1 L'apprentissage avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication	4
1.2 L'apprentissage des sciences par le biais des NTIC	8
1.2.1 Les contextes d'apprentissage centrés sur la manipulation et l'interaction avec l'objet	8
1.3 Logo, un contexte d'apprentissage utilisant les nouvelles technologies.....	13
1.3.1 Les contextes d'apprentissage: les « Micromondes »	13
1.3.2 La philosophie de Logo	14
1.3.3 L'évolution de la programmation Logo	16
1.3.4 Les recherches sur Logo	17
1.4 Les modèles constructiviste et socioconstructiviste.....	18
1.4.1 Le modèle socioconstructiviste.....	19
1.5 L'apprentissage collaboratif.....	21
1.5.1 La terminologie.....	22
1.5.2 Les distinctions des autres formes de groupe	25
1.5.3. Les termes associés.....	22

1.5.4	Les recherches sur l'apprentissage en collaboration.....	26
1.5.4.1	La communication dans l'équipe de travail collaboratif.....	26
1.5.4.2	Les types de jumelage des partenaires	31
1.5.4.3	Les rôles des coéquipiers	32
1.5.4.4	Les caractéristiques de la tâche de travail	36
1.5.5	Synthèse de la revue de littérature	38
1.6	Les objectifs de la recherche	39
1.6.1	L'objectif général	41
1.6.2	Les objectifs spécifiques.....	42
CHAPITRE II: MÉTHODOLOGIE		43
2.1	Les participants	44
2.1.1	L'école.....	45
2.2.	La tâche de travail des élèves.....	45
2.2.1	L'objectif du projet d'apprentissage collaboratif.....	45
2.2.2	Le matériel technologique utilisé par les élèves.....	46
2.2.3	Le déroulement de la tâche des élèves	49
2.3	La collecte de données	50
2.3.1	Les objectifs	50
2.3.2	Le matériel de collecte de données	50
2.3.3	Le déroulement.....	50
2.4	L'analyse des données.....	51
2.4.1	Le mode d'analyse des verbatims.....	53

2.4.2	La grille d'analyse	53
2.4.2.1	Les sujets de conversation	53
2.4.2.1	Les rôles sociaux.....	55
2.4.3	Les indices de fidélité	59
2.4.4	Les analyses descriptives.....	61
2.4.5	Les analyses quantitatives	62
2.5	Les procédures déontologiques	63
CHAPITRE III: RÉSULTATS.....		65
3.1	Les statistiques descriptives	65
3.1.1	La répartition des trois types d'interactions.....	66
3.1.1.1	L'émergence des rôles sociaux facilitateurs	71
3.1.1.2	L'émergence des rôles sociaux inhibiteurs.....	73
3.1.1.3	La répartition des sujets de conversation.....	75
3.1.2	Le portrait de chaque participante	78
3.1.3	Les liens entre un rôle facilitant suivi d'un sujet de conversation	79
3.1.4	Les liens entre un rôle inhibiteur suivis d'un sujet de conversation.....	81
3.1.5	Liens entre les sujets de conversation et les rôles sociaux	82
CHAPITRE IV: DISCUSSION.....		85
4.1	Les points saillants de l'étude	85
4.1.1	La participation globale.....	85

4.1.2	Les rôles sociaux	86
4.1.3	Les sujets de conversation.....	86
4.1.4	Les liens significatifs.....	87
4.2	Les liens avec la littérature scientifique	87
4.2.1	Le Constructivisme et la manipulation du matériel	87
4.2.2	Des données réelles pour de réels chercheurs.....	88
4.2.3	La variété des interactions	88
4.2.4	La variété des rôles sociaux	89
4.2.5	Les liens entre la variété des rôles sociaux et les sujets de conversation	90
4.2.6	Les besoins de filles.....	91
4.3	Considérations méthodologiques	91
	CHAPITRE V: CONCLUSION	93
5.1	Les buts et apports de l'étude.....	93
5.2	L'originalité du travail	93
5.3	Les questionnements et prochaines recherches	94
	RÉFÉRENCES	96
	ANNEXE A – Glossaire.....	115
	ANNEXE B – Proposition de projet de recherche	126
	ANNEXE C – Lettre aux parents	130
	ANNEXE D – Explication du projet de recherche	131
	ANNEXE E – Formulaire de consentement pour parents	132
	ANNEXE F – Formulaire de consentement pour enseignant.....	133

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Un Blue Dot Cricket	44
Figure 1-2 : Types de moteurs, de détecteurs et de dispositifs utilisables avec les <i>Blue Dot Crickets</i>	45
Figure 3-1 : Pourcentages et fréquences d'observations recueillies lors de chacune des jours d'observation	62
Figure 3-2 : Pourcentages et fréquences de la répartition des trois types d'interactions	57
Figure 3-3 : Répartition des types d'interactions selon les participants	58
Figure 3-4 : Pourcentages et fréquences des types d'interactions selon les journées d'observation	59
Figure 3-5 : Pourcentages et fréquences des types d'interactions selon les trois types d'interaction répartis selon les journées	59
Figure 3-6 : Répartition totale des rôles sociaux facilitants.....	67
Figure 3-7 : Répartition des rôles sociaux facilitants selon les journées	68
Figure 3-8 : Émergence des rôles sociaux facilitants selon chaque participante	62
Figure 3-9 Répartition totale des rôles sociaux inhibiteurs	70
Figure 3-10 Répartition des rôles sociaux inhibiteurs selon les journées.....	70
Figure 3-11 Répartition des rôles inhibiteurs selon chaque participante	71
Figure 3-12 : Pourcentage de chacun des types de sujets de conversation.....	72
Figure 3-13 : Pourcentage de chacun des types de sujets de conversation selon les journées	73
Figure 3-14 : Pourcentage de chacun des types de sujets de conversation selon chaque participante.	74

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1-1	
Huit types de rôles sociaux, tiré de Hogan (1999)	32
TABLEAU 2-1	
Exemple de codes pour un épisode	49
TABLEAU 2-2	
1 ^o grille d'analyse : Catégories pour les analyses de fréquence et de comparaison des rôles facilitateurs, des rôles inhibiteurs et des sujets de conversation.....	51
TABLEAU 2.3.....	
2 ^e grille d'analyse : Catégories révisées et utilisées pour les analyses de fréquence et de comparaison des rôles facilitateurs, des rôles inhibiteurs et des sujets de conversation	53
TABLEAU 2.4.....	
Calcul du coefficient de Kappa (k) pour la catégorie rôles facilitateurs.....	57
TABLEAU 2-5	
Exemple d'un croisement effectué avec le test McNemar.....	59
TABLEAU 3-1	
<i>Croisements entre les rôles sociaux facilitateurs suivis des sujets de conversation selon le test de McNemar</i>	<i>70</i>
TABLEAU 3-2	
<i>Croisements entre les rôles sociaux inhibiteurs suivis des sujets de conversation selon le test de McNemar</i>	<i>71</i>
TABLEAU 3-3	

<i>Croisements entre les sujets de conversation suivis des rôles sociaux selon le test de McNemar</i>	<i>72</i>
---	-----------

RÉSUMÉ

Cette étude cherche à comprendre les processus d'apprentissage d'élèves de la 6^e année du primaire, et ce, en examinant la nature des interactions dans un contexte d'apprentissage des sciences et technologies. Afin d'approfondir leurs connaissances des phénomènes scientifiques, les enfants travaillent en équipe avec des outils informatiques nommés Crickets¹ qui proviennent du Media Lab, Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ces blocs programmables sont des petits ordinateurs qui ne sont pas tellement plus gros que la batterie de 9 volts qui leur transmet de l'énergie. En raison de leur petite taille, ils peuvent être utilisés dans différents contextes. À l'aide du langage de programmation LOGO et de communication par transmission infrarouge, ces petits ordinateurs peuvent contrôler des moteurs et recevoir de l'information de détecteurs (son, lumière, toucher, ...). Des blocs LEGO et du matériel de bricolage peuvent servir à la construction de projets robotisés. Ces petits ordinateurs permettent aussi d'observer différents phénomènes de l'environnement, car leurs détecteurs peuvent capter de l'information et ainsi permettre à ses utilisateurs de faire de la collecte de données. Les usagers parviennent à construire des petits robots qui peuvent communiquer entre eux et qui sont programmables à distance.

Des observations qualitatives ont permis de faire une étude de cas sur l'utilisation des Crickets par des élèves travaillant en collaboration. Parmi les interactions d'un groupe de trois élèves, seuls les rôles sociaux et les diverses tâches effectuées ont été catégorisés et analysés. Par le biais d'analyses qualitatives et quantitatives, il a été possible d'observer la distribution de ces variables.

Sans prétendre démontrer des évidences empiriques, cette étude illustre la richesse des interactions sociales variées dans une équipe de travail collaboratif ainsi que l'importance de la manipulation de matériel technologique attrayant dans un contexte de l'apprentissage des sciences.

Mots-clefs : collaboration, apprentissage, constructivisme, robotique et science.

¹ <http://ilk.media.mit.edu/projects/bbb/>

INTRODUCTION : LES ENJEUX DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES AU PRIMAIRE

Le Programme de formation de l'école québécoise présenté par le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ, 1999) donne comme mission à l'école de «rendre les élèves capables de participer à la construction du monde dans lequel ils auront à évoluer». Les trois axes autour desquels la mission de l'école s'articule sont l'instruction, la socialisation et la qualification. Ainsi, la démarche éducative serait davantage orientée vers le développement des processus d'apprentissage et de différents types de compétence d'ordre intellectuel, méthodologique, personnel et communicationnel.

L'enseignement des sciences et des technologies a beaucoup changé au cours des dernières années. La complexité des nouvelles technologies et le rythme accéléré de leur apparition dans la société occidentale qui l'oblige à se préoccuper du développement intellectuel et social des jeunes afin de les préparer adéquatement à ces changements. Pour mieux s'adapter à ces changements, le MEQ (1999) propose de favoriser le développement de meilleures capacités d'adaptation et de transfert des connaissances.

En ce qui a trait à l'apprentissage des sciences et des technologies, le MEQ encourage le développement de la pensée scientifique dès les études de premier cycle à l'école primaire. Ces habiletés se développeraient par le biais de modes d'apprentissages actifs en initiant les élèves aux démarches de l'esprit propres à la science telles, que «le questionnement, les observations méthodiques, le tâtonnement, la vérification expérimentale, l'élaboration de modèles et les réalisations concrètes» (MEQ, 1999, p. 140). Bref, la réforme de l'éducation semble avoir pour but de mettre l'accent sur l'enseignement qui favorise la construction des connaissances et le développement des compétences qui composent les bases cognitives des élèves.

En ce sens, le Québec, comme plusieurs pays industrialisés (Perrenoud, 1997), souhaite mettre en place un système éducatif orienté vers des pédagogies nouvelles. Or, certaines pratiques plus ouvertes, telles que les apprentissages actifs, le travail de groupe et l'intégration des nouvelles technologies sont de plus en plus utilisées. Cependant, des chercheurs déplorent le manque de signification des contenus enseignés et le manque d'ouverture aux questionnements des élèves des écoles européennes (Develay, 1996; Merieu, 1996; Perrenoud, 1994). Tardif (1999, p.28) explique ainsi le fondement de cette problématique: «L'école ne correspond pas à un lieu de travail sur le sens ou à partir du sens: elle ne correspond pas non plus à un endroit qui provoque la réflexion sur le sens». Il explique comment l'école d'aujourd'hui est davantage axée sur la réussite académique: «les élèves qui privilégient des buts de performance par rapport à des buts d'apprentissage mettent l'accent sur les résultats et sur la performance au détriment des connaissances qu'ils peuvent construire et des compétences qu'ils peuvent développer» (Tardif, 1999, p.27). De la sorte, l'école détient peu de sens pour l'élève. Cet investissement superficiel des écoles conduirait, selon Tardif, à la démotivation scolaire des apprenants.

Par ailleurs, puisque l'enseignement des sciences est de plus en plus complexe, l'utilisation de la méthode scientifique et des nouvelles technologies de l'information et de la communication exigent un savoir-faire très élaboré et peu adapté à la pédagogie traditionnelle. Toutefois, plusieurs questionnements demeurent quant aux méthodes d'enseignement jugées propices, comme l'apprentissage en collaboration, et aux outils favorables à l'apprentissage des sciences au primaire. Dans une perspective constructiviste, l'élève est encouragé à suivre un processus scientifique par lequel il est amené à faire des découvertes et à formuler ses propres hypothèses. Ainsi, le développement de l'esprit scientifique est favorisé afin de construire activement des connaissances et de développer des compétences.

Cette recherche ne prétend pas procurer une analyse de l'efficacité et des limitations des rôles dans une équipe de travail collaboratif. L'intention de cet essai est d'inciter des réflexions et de jeter un regard critique sur les manifestations des différents rôles sociaux dans l'apprentissage collaboratif. Par ailleurs, dans une équipe de travail, le rôle peut être défini comme une forme (*pattern*) de participation prévalant dans un groupe de travail (Hogan, 1999). Inspiré de la recherche citée préalablement, la présente étude s'est penché sur l'importance des rôles sociaux. Par le biais d'observations qualitatives, une équipe de trois élèves élaboré ont réalisé un projet de collaboration impliquant la création d'un instrument de mesure scientifique à l'aide d'outils technologiques de pointe.

Sans aspirer mener à des évidences scientifiques, le but de l'essai est de pouvoir «générer des hypothèses, c'est-à-dire examiner un ensemble de données afin de découvrir quelles relations peuvent y être observées, quelles structures peuvent y être construites» (Van der Maren, 1996, p.19). À travers l'illustration du portrait de chaque participante, l'étude de cas présentée sert à mettre en lumière l'influence de la diversité des rôles et des tâches dans les équipes de travail collaboratif.

CHAPITRE I

RECENSION DES ÉCRITS ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

Les premières sections 1.1 à 1.3 porteront sur l'apprentissage scolaire impliquant l'utilisation de nouvelles technologies. Les contextes d'apprentissage centrés sur la manipulation et l'interaction avec l'objet, les études sur la programmation Logo et les outils technologiques d'apprentissage Cricket-Logo y seront présentés. Les sections 1.4 et 1.5 traiteront de l'apprentissage en collaboration et des rôles sociaux des élèves travaillant avec ce mode d'apprentissage ainsi que des liens entre le rôle social, l'apprentissage en collaboration et les nouvelles technologies. Finalement, les questions et objectifs de recherche seront abordés à la dernière section.

1.1. L'apprentissage avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication

Le terme «*nouvelles technologies de l'information et de la communication*» (NTIC) est couramment utilisé depuis une dizaine d'années par nos institutions d'enseignement. Précédemment, plusieurs sigles ont été utilisés pour se référer à ce domaine: NTI, TI, NTIC, TIC, NTE, TICE. Comme le mentionne Pochon (2003), le sigle NTIC se réfère à plusieurs types de technologies, dont l'ordinateur et le réseau internet. L'ordinateur permet de capter, mémoriser, traiter, rendre accessible et transmettre, une quantité phénoménale de données numériques qu'il reçoit et rend disponible sous forme de texte, de son, d'image, de graphique, ou autre; branché à internet, la quantité et la diversité des données sont quasi illimitées (Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996). De récentes innovations, telles que la vidéoconférence, ont été grandement améliorées par l'usage de la technologie téléphonique, c'est-à-dire par l'introduction de la communication numérique plus rapide et plus performante (Pochon, 2003). Ces transformations des années 1990

allaient conjointement affecter tant les modes d'enseignement utilisés que les outils d'apprentissage mis à la disposition des élèves. Entre autres, à cette époque, plusieurs utilisations furent développées, telles que la formation continue et l'éducation à distance (Pochon, 2003). Enfin, bien des programmes d'enseignement visant l'intégration des nouvelles technologies en éducation ont été développés par le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ, 2000).

Dans leur revue documentaire sur l'apport des NTIC à l'apprentissage, Grégoire, Bracewell et Laferrière (1996) ont dégagé sept constats qui touchent les habiletés et aptitudes intellectuelles, la motivation ainsi que l'esprit de recherche et de collaboration des élèves.

Le premier constat concerne l'apprentissage des élèves. Il appert que les nouvelles technologies stimulent le développement d'habiletés intellectuelles comme les capacités de raisonner, de résoudre des problèmes, d'apprendre à apprendre (habiletés métacognitives) et de créer. Les six recherches rapportées font part de projets d'apprentissage qui mettaient l'accent sur le développement de la curiosité et de l'intérêt pour la science et l'utilisation de la technologie. En fait, les nouvelles technologies servaient d'outils d'exploration et de réalisation scientifique dans le but d'améliorer et d'enrichir l'enseignement traditionnel, plutôt que de privilégier un apprentissage passif (Padrón et Waxman, 1996 dans Grégoire, Bracewell et Laferrière; 1996). Ces utilisations technologiques ont généré des différences dans la mise en œuvre des capacités stratégiques des élèves (Scardamalia, Berieter, Brett, Burtis, Calhoun et Smith Lea, 1992, dans Grégoire, Bracewell et Laferrière; 1996).

Deuxième constat, la spécificité de l'apprentissage à l'aide des nouvelles technologies est retenue comme étant un facteur pouvant contribuer à l'acquisition de connaissances et au développement d'aptitudes reliées à ces connaissances (Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996). La spécificité des connaissances et des aptitudes se rattache aux caractéristiques de l'outil technologique. À titre d'exemple, un logiciel

de traitement de texte aurait pour effet d'amener les élèves à se concentrer davantage sur le contenu du texte et sur sa révision. Un tel outil inciterait les élèves, par la réflexion sur l'écrit, à développer des habiletés métacognitives et métalinguistiques (Jones, 1994 dans Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996).

Les troisième et quatrième constats sont en lien avec la motivation des élèves. D'une part, chez la plupart des élèves, l'intérêt pour une activité d'apprentissage serait plus spontané lorsque l'activité demandée fait appel à une technologie nouvelle plutôt qu'aux approches traditionnelles en salle de classe (Office of Technology Assessment, 1995, dans Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996). D'autre part, le temps et l'attention que la majorité des élèves sont prêts à consacrer à des activités d'apprentissage seraient plus élevés lorsqu'ils utilisent une technologie nouvelle plutôt qu'un cadre d'enseignement muni de moyens traditionnels. En effet, l'engagement des élèves voués à une activité d'apprentissage par ordinateur est plus élevé dans ces contextes d'apprentissage (Van Dusen et Worthen, 1995, dans Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996).

En ce qui a trait au rapport des élèves avec la connaissance, le cinquième constat révèle que le développement de l'esprit de recherche est stimulé par des NTIC (Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996). En effet, les chercheurs ont observé que les NTIC ont la capacité de stimuler la recherche d'une information plus complète sur un sujet et d'une solution plus satisfaisante à un problème. Entre autres, une étude sur l'utilisation de l'ensemble « Lego TC Logo » dans les cours de sciences du primaire a été réalisée (Lafer et Market, 1994, dans Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996). Les évaluateurs ont qualifié de "fort" le désir des élèves de trouver une solution et la capacité de développer un esprit de recherche avec ce matériel robotique. Par ailleurs, cet aspect favorable aurait aussi pour effet de développer un plus grand nombre de relations entre diverses connaissances.

La collaboration élargie représente leur sixième constat. Grâce aux NTIC, un processus de collaboration s'est développé entre les élèves d'une même classe, voire entre les élèves de classes d'écoles différentes, proches ou lointaines, à des fins de sensibilisation, de réalisation de projets et d'accès à des connaissances pertinentes.

Enfin, comme septième constat, les auteurs ont identifié les facteurs favorables à l'assimilation et l'intégration des apprentissages par les NTIC. Ils correspondent aux possibilités suivantes : simulation, manipulation virtuelle, jonction rapide entre des données très variées et représentation graphique. Ainsi, ces facteurs faciliteraient des apprentissages plus intégrés et mieux maîtrisés (Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996).

Par contre, les obstacles à l'efficacité de la mise en œuvre et de l'intégration des NTIC sont nombreux. La formation initiale et continue des enseignants ainsi que plusieurs facteurs environnementaux, comme la disponibilité du matériel technologique, leur qualité et la présence de ressources humaines qualifiées, font partie de ces obstacles (Larose, Grenon et Palm, 2004). De plus, on constate que la présence d'outils technologiques est ni suffisante, ni garante de l'apprentissage. En effet, les méthodes pédagogiques mises en place sont également responsables des apprentissages (Brousseau et Vázquez-Abad, 2003; McMilanCulp et al., 1999; Reif, 1990). Dans un contexte d'enseignement traditionnel, l'apprentissage de l'élève dépend grandement de l'activité de l'enseignant. Or, l'utilisation et les bénéfices des nouvelles technologies dépendent beaucoup de la compétence que l'enseignant possède dans ce domaine et de son attitude envers une intervention de la technologie dans l'enseignement (Grégoire, Bracewell et Laferrière (1996). Ils précisent d'ailleurs que la compétence et l'attitude dépendent en grande partie de la formation que le professionnel de l'enseignement a reçue sur ce sujet.

Par ailleurs, des études sur les NTIC ont mis en évidence le besoin de développer de nouvelles méthodes d'apprentissage collaboratif par des modes

d'exploration et d'investigation scientifiques afin de favoriser la pensée critique des enfants (McMillan Culp et al., 1999). Voyons ce que mentionnent d'autres auteurs sur cette forme d'apprentissage.

1.2 L'apprentissage des sciences par le biais des NTIC

Langlais (2002, p.32) fait état du phénomène du décrochage scientifique et technologique au Québec. Il définit la motivation scientifique ainsi : « l'intérêt de se questionner sur le monde, dans le but de trouver des solutions possibles à divers problèmes sur l'interaction entre l'homme et l'univers physique qui l'entoure ». Il est intéressant de constater que l'auteur ne se réfère pas nécessairement aux sciences pures comme la chimie. En effet, dans sa critique, Langlais tient compte de tout type d'effort intellectuel d'une personne qui s'intéresse aux phénomènes naturels par le biais de divers questionnements, de raisonnements logiques et d'explications rationnelles. Afin de remédier au problème du savoir scientifique, des chercheurs proposent de reconsidérer les choix des matières scientifiques à enseigner, les modes d'enseignement (Majawamariya, 2000) ainsi que les caractéristiques du milieu d'apprentissage (Poirier, 1997).

À la section suivante, seront examinés deux éléments jugés favorables à la motivation et à l'intégration des connaissances dans les sciences, la manipulation et l'interaction avec l'objet par le biais des nouvelles technologies.

1.2.1 Les contextes d'apprentissage centrés sur la manipulation et l'interaction avec l'objet

On retrouve plusieurs types d'environnements d'apprentissage interactif dans notre société, tels que des terrains de jeux, des musées, des écoles de métiers, des écoles qui enseignent via internet. Même s'ils sont très différents, ces milieux visent à développer l'apprentissage par des méthodes ou des moyens interactifs. En ce qui a trait aux technologies utilisées en éducation, il y a une grande variété d'usage à

travers le système éducatif. Le MEQ (2000) distingue trois types d'utilisation des technologies: un objet, un moyen d'apprentissage et un soutien à l'enseignement. Bref, les diverses fonctions attribuées aux technologies utilisées en éducation ont la propriété commune d'être interactives.

Au début des années 1980, on parlait de rétroaction procurée par l'ordinateur. Papert (1980, p.33) émettait l'hypothèse que «l'ordinateur permet de concrétiser (et de personnaliser) le domaine formel», telle que décrite par son mentor, Jean Piaget. Il expliquait non seulement l'importance du feedback de l'ordinateur, mais surtout et avant tout de l'*objet-pour-penser* de l'enfant épistémologue (Papert, 1980, p. 31):

« À l'heure actuelle, dans l'enseignement, quand les enfants sont mis en présence de l'ordinateur, c'est presque toujours pour les mettre à l'épreuve, pour leur faire effectuer des exercices d'un niveau de difficulté approprié, pour leur fournir du feed-back et de l'information. C'est l'ordinateur qui programme l'enfant, ni plus ni moins. Dans l'environnement LOGO, la situation est renversée: c'est l'enfant, même d'âge préscolaire, qui maîtrise la machine; il programme l'ordinateur. Et en s'efforçant d'apprendre à penser à l'ordinateur, l'enfant se lance dans une exploration: il lui faut retrouver comment il pense lui-même. Cette expérience peut l'amener très loin. Penser sur sa pensée, c'est devenir épistémologue; c'est entrer dans une étude critique de sa propre réflexion - une expérience que bien des adultes ne vivent jamais».

Plusieurs auteurs mentionnent l'importance de la manipulation d'objets concrets sur l'efficacité des groupes de travail (Papert, 1993; Resnick, 1998; Soloway et al., 1999). Certains privilégient même les activités éducatives axées sur la manipulation de matériel et la création d'artéfacts pour faciliter la compréhension de concepts mathématiques et scientifiques (Druin, 2002; Druin et Fast, 2002; Kafai, 2002; Scaife et al., 1997). Resnick (1998) qui développe des outils de création

breuvage chaud quand il a froid². L'enfant doit alors explorer les concepts scientifiques de la température du corps ainsi que les concepts mathématiques du robot qu'il devra programmer afin d'exécuter les tâches désirées. D'ailleurs, certains groupes de recherche en design évoluent également dans ce sens. Un projet multidisciplinaire récent de l'équipe de recherche « Mind Games » du « Media Lab Europe³ » a construit un jeu interactif à trois dimensions (3D) comme outil thérapeutique pour adolescents. Ce projet fait appel à des activités de recherche dans les domaines de l'éducation, de la psychologie, de l'informatique et de l'ingénierie (Coyle et Matthews, 2004).

- 3) Le développement d'un mode de pensée pluraliste, c'est-à-dire la capacité de solutionner un problème en utilisant des stratégies et des solutions multiples. Au lieu de prévaloir le positionnement de « bon » ou « pas bon » souvent présent dans les activités des sciences et technologies des écoles, les activités en design encouragent l'exploration de stratégies et solutions multiples.
- 4) Le développement d'un mode de pensée intériorisé. Les activités de design se font dans des contextes d'apprentissage qui incitent à la réflexion. Les constructions de design servent de repères concrets procurant aux jeunes la possibilité de réfléchir et d'intérioriser leurs conceptions personnelles du monde (*internals models of the world*).
- 5) Puisque les jeunes doivent se questionner à savoir comment les autres comprendront et utiliseront leurs outils, les activités en design favorisent l'aptitude à transmettre ses idées et ses façons de faire aux partenaires de travail. Bref, les jeunes doivent nécessairement se mettre à la place des autres selon Resnick (1998).

Par ailleurs, la variable du feedback dans une tâche d'apprentissage a été comparée à d'autres éléments de l'apprentissage collaboratif. Ayant comme objectif

² <http://ilk.media.mit.edu/projects/bbb/sections/projects/hotcold.html>

d'examiner les conditions propres au développement cognitif par le biais de l'apprentissage en collaboration, Tudge, Winterhoff et Hogan (1996) se sont intéressés à trois aspects spécifiques de l'apprentissage collaboratif chez les jeunes: 1) le jumelage, 2) l'implication active des participants dans le processus de collaboration ainsi que 3) l'effet de recevoir du feedback du matériel, un aspect interactif de l'outil d'apprentissage. Tout d'abord, en analysant 200 enfants âgés de six à neuf ans, ils ont observé que le travail d'équipe était bénéfique seulement lorsqu'un élève ne recevait pas de feedback du matériel de manipulation, dans ce cas-ci, une balance manipulable. Par la suite, en analysant les processus de résolution de problème, ils ont constaté que ceux qui recevaient du feedback de la balance s'amélioraient de manière significative comparativement à ceux qui travaillaient avec des images de balance sur papier. Ainsi, le feedback était plus bénéfique que le travail « papier-crayon ». De plus, indépendamment du feedback reçu, ceux qui bénéficiaient davantage du travail de collaboration étaient ceux qui étaient jumelés avec des élèves manifestant un haut niveau de raisonnement cognitif et qui parvenaient à élaborer une compréhension commune. En conclusion, ces chercheurs ont constaté que les enfants qui recevaient du feedback grâce au matériel manipulable s'amélioraient de manière significative comparativement à ceux qui travaillaient avec des images sur papier. Toutefois, la présence d'un partenaire de travail n'était bénéfique que lorsqu'un enfant ne travaillait pas avec du matériel manipulable ou lorsqu'ils parvenaient à élaborer une pensée commune. On pourrait donc croire que l'importance de l'interaction avec l'objet d'apprentissage prédomine l'interaction avec un partenaire de travail.

Plus encore, lorsqu'il est question de manipulation, on doit non seulement considérer l'outil d'apprentissage utilisé mais aussi le sujet qui est à l'étude. Pour bien des gens, il est plus stimulant d'apprendre à partir de problèmes concrets et appliqués que de simulations artificielles. Dans leur revue de littérature portant sur la recherche et le développement des technologies en éducation, McMillanCulp et al. (1999) relatent les besoins d'enseigner à partir de problèmes concrets de la vie réelle. Par exemple, ils

³ <http://www.medialabeurope.org/research/>

compréhension commune. En conclusion, ces chercheurs ont constaté que les enfants qui recevaient du feedback grâce au matériel manipulable s'amélioraient de manière significative comparativement à ceux qui travaillaient avec des images sur papier. Toutefois, la présence d'un partenaire de travail n'était bénéfique que lorsqu'un enfant ne travaillait pas avec du matériel manipulable ou lorsqu'ils parvenaient à élaborer une pensée commune. On pourrait donc croire que l'importance de l'interaction avec l'objet d'apprentissage prédomine l'interaction avec un partenaire de travail.

Plus encore, lorsqu'il est question de manipulation, on doit non seulement considérer l'outil d'apprentissage utilisé mais aussi le sujet qui est à l'étude. Pour bien des gens, il est plus stimulant d'apprendre à partir de problèmes concrets et appliqués que de simulations artificielles. Dans leur revue de littérature portant sur la recherche et le développement des technologies en éducation, McMillanCulp et al. (1999) relatent les besoins d'enseigner à partir de problèmes concrets de la vie réelle. Par exemple, ils suggèrent que les élèves apprennent des concepts à partir de données brutes, c'est-à-dire des informations provenant d'expérimentations scientifiques réelles pouvant servir de matériel d'apprentissage. Plus spécifiquement, un travail de sciences portant sur la température extérieure pourrait utiliser des données réelles recueillies par les élèves au lieu de données provenant d'un livre. Ainsi l'objet à l'étude, dans ce cas-ci la température, deviendrait une source de manipulation intellectuelle réelle et significative.

En somme, ces derniers constats rejoignent ceux mentionnés plus haut par Grégoire, Bracewell et Laferrière (1996) : les possibilités de simulation, de manipulation, d'accès et de jonction rapide entre des données sont des facteurs contribuant à l'assimilation et l'intégration des apprentissages. Voyons maintenant une application technologique, le langage Logo, propice à certains apprentissages

1.3 Logo, un contexte d'apprentissage utilisant les nouvelles technologies

Le premier langage de programmation accessible aux enfants appelé Logo est apparu vers la fin des années 1960 dans l'équipe de recherche d'Épistémologie de l'apprentissage⁴ du Media Lab (ML) du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Son principal fondateur, Seymour Papert, est mathématicien et disciple de Piaget. Le nouveau groupe de recherche Lifelong Kindergarten⁵, maintenant dirigé par le Professeur Mitchel Resnick, est un groupe de recherche dérivant du ML.

1.3.1 Les contextes d'apprentissage: les « Micromondes »

Le terme « Micromonde », défini par Seymour Papert (1980), réfère à un environnement pédagogique informatisé où les enfants apprennent, dans des circonstances dites favorables à l'apprentissage, par le biais de l'exploration, la manipulation et le jeu. Contrairement aux laboratoires informatisés traditionnels, où les tâches demandées aux enfants sont fréquemment celles de démontrer un fait donné, les « Micromondes » en langage Logo visent à faire comprendre le *pourquoi des choses* (Papert, 1980). En rendant disponible un langage de programmation accessible qui s'apprend par l'exploration, les jeunes pourraient devenir plus autonomes. Ils programment l'ordinateur à l'aide de commandes et peuvent créer leurs propres regroupements de commandes et de fonctions par des modules procéduraux. Ce qui rend concret ce langage informatique, c'est le fait que chaque commande est traduite à l'écran de l'ordinateur par le biais d'images et de représentations concrètes. Ainsi, le programme traduit la pensée logique (programmation) en représentation concrète (action du personnage ou de l'objet à l'écran) : le jeune peut déplacer l'objet ou le personnage en lui donnant des ordres, tels que : "avance", "tourne à droite de 45 degrés". Les enfants tentent donc de maîtriser un langage à base de règles logico-mathématiques qu'ils

⁴ <http://el.media.mit.edu/>

⁵ <http://llk.media.mit.edu/>

maîtriser un langage à base de règles logico-mathématiques qu'ils peuvent visualiser en tout temps pour vérifier s'ils se rapprochent ou non des résultats escomptés. Bref, Logo offre un "miroir cognitif" pour l'enfant (Pea et Sheingold, 1986).

La version récente du langage de programmation utilisée dans cette recherche, LogoBlocks, a été améliorée pour contrer certaines difficultés. Auparavant, Logo fut critiqué pour son hypersensibilité aux erreurs de syntaxe et sa structure complexe de programmation (Järvien, 1998). Aujourd'hui, ce sont des morceaux de casse-tête qui représentent les fonctions de programmation différenciées par leur couleur (Annexe A). Cette représentation plus concrète de la programmation avait pour but de simplifier et de personnaliser son utilisation (voir codes de la section *My Stuff* à l'Annexe A). En outre, le logiciel actuel, Micromondes Pro⁶, est doté d'un plus grand choix de personnages et d'objets qui, une fois programmés, permettent de voir plus concrètement le résultat. Micromonde Pro, en plus de procurer au-delà de 128 formes multicolores, des fonctions de « glisser-déposer » pour inclure des éléments multimédias, tels que de la musique et des vidéoclips, ainsi qu'un outil d'édition d'images avancé, permet de concevoir des projets sur Internet.

1.3.2 La philosophie de Logo

Comme le mentionne Clements (1986), Logo provient, en partie, d'une théorie de l'intelligence artificielle qui stipule que les gens apprennent de leurs erreurs. Ce langage de programmation a été créé selon l'hypothèse qu'il pourrait permettre aux enfants de concrétiser et de personnaliser leurs apprentissages ainsi que de constater des effets importants sur leur propre développement cognitif ; il pourrait donc servir d'*outil-pour-penser (Tools-to-think-with)* (Papert, 1981). En effet, il appert que l'apprentissage serait plus bénéfique lorsqu'il a lieu dans un contexte où les individus sont engagés dans des constructions personnelles et significatives pour eux ou leurs pairs (Pochon, 2003). Selon Papert (1980), la programmation Logo exige

⁶ <http://www.micromondes.com/solutions/mwpro.html>

que l'enfant porte attention à ses stratégies et à ses modes de pensée. De plus, le modèle *constructioniste* de Papert (1993) favorise la construction active du savoir; il repose sur deux idées. Basé sur la théorie constructiviste de Jean Piaget (1972), le constructionisme soutient tout d'abord que l'apprentissage est un processus actif par lequel les gens construisent leurs connaissances à partir de leurs propres expériences de vie. Papert (1993) ajoute l'idée que les gens acquièrent de nouvelles connaissances de manière particulièrement efficace quand ils sont engagés dans la construction de projets significatifs (*personally meaningful*) (Resnick, 1998).

Ainsi, avec ce langage, l'enfant est encouragé à développer sa représentation du monde externe à travers l'expérience active (et non seulement à travers l'exposition à des phénomènes) et à la modifier continuellement. Cette approche a pour but de permettre à l'enfant d'élaborer des projets de recherche, de se poser des questions, d'investiguer et de vérifier sa compréhension d'un phénomène par l'action. À l'aide d'un enseignement qui laisse place à l'autonomie et à la découverte, l'environnement pédagogique encouragerait l'apprentissage significatif dans un processus d'autoformation. En somme, le *constructivisme* tient compte des composantes affectives, sociales et cognitives de l'apprentissage. Les environnements pédagogiques Logo créés par Papert et développés grâce à un très grand nombre de disciplines ont fourni plusieurs exemples d'applications du constructivisme et de l'utilisation de ces composantes, pendant que les jeunes travaillaient des notions mathématiques ou scientifiques (Harel et Papert, 1991; Kafai et Resnick, 1996).

Dans les pages qui suivent, il est à noter que les outils technologiques de programmation Logo qui sont mentionnés, tels que LogoWriter, MicroMondes et CricketLogo, ont été développés afin d'être utilisés dans un contexte d'apprentissage de type constructiviste. Or, plusieurs chercheurs qui ont évalué les apprentissages effectués avec ces outils dans un contexte de pédagogie traditionnelle ont souvent été déçus des résultats. En réponse à ces études, il est recommandé d'évaluer les

processus de construction des connaissances en privilégiant l'évaluation d'un ensemble de réponses plutôt que le résultat final (Basque, 1999).

1.3.3 L'évolution de la programmation Logo

Martin et al. (1998) décrivent ainsi l'histoire de l'évolution de la programmation Logo. Suite au développement du langage de programmation Logo, Papert a prolongé son idée en créant, avec son collègue Marvin Minsky, un jouet programmable nommé la tortue de plancher (*the floor turtle*). Des enfants de la maternelle pouvaient grimper sur le dos de la tortue après avoir programmé un itinéraire en insérant des bâtonnets les uns après les autres dans un clavier conçu à cet effet. Par la suite, une plus petite version de cette tortue ayant un crayon rattaché à son corps fut créée afin de permettre aux enfants de concrétiser leur programmation en dessinant des représentations. Toutefois, ces tortues avaient un aspect peu commode; elles étaient rattachées à l'ordinateur par un fil câble qui limitait leurs déplacements. C'est ainsi qu'au début des années 1970, Seymour Papert et Cynthia Solomon (1972) ont commencé à relier divers types d'objets aux ordinateurs afin de pouvoir les programmer. Ils proposèrent une vingtaine d'activités de design programmables telles que monter un spectacle de marionnettes ou faire bouger un yo-yo. Au début des années 1980, leurs idées devinrent de plus en plus faciles à réaliser avec l'apparition des micro-ordinateurs dans les salles de classe. Les enfants pouvaient désormais réaliser leur propre programme informatique en Logo; grâce à une interface appelé *Graphical User Interface* (GUI) et à des commandes simples et logiques, ils pouvaient manipuler une tortue qui se déplaçait sur l'écran de l'ordinateur. Par exemple, la commande visant à faire pivoter la tortue de 45 degrés vers la droite s'écrivait «DR 45», et vers la gauche «GA 45».

La grande popularité de ce logiciel a suscité une collaboration entre le ML et l'entreprise de fabrication des blocs LEGO. Vers le milieu des années 1980, des produits «LEGO Technic» sont apparus sur le marché, associant des éléments

mécaniques et des blocs LEGO au langage Logo. Il suffisait de brancher les constructions mécaniques à une boîte de contrôle, elle-même reliée à l'ordinateur. Ces jouets technologiques furent disponibles dans certaines écoles vers la fin des années 1980. Le premier prototype de la *Brique Programmable* (Martin, 1988) fit son apparition en 1987 et se nommait la *MIT Logo Brick*. Le groupe de recherche réussit alors à insérer un ordinateur miniature dans des assemblages de briques LEGO. Les modèles sont devenus de plus en plus spécialisés par la création d'accessoires comme les petits moteurs et les détecteurs programmables, tel qu'expliqué dans le chapitre de méthodologie.

1.3.4 Les recherches sur Logo

Suite à l'apparition du langage Logo et à l'avènement des micro-ordinateurs dans les écoles, il devenait de plus en plus prévisible que les nouvelles technologies tiendraient une place significative dans les milieux scolaires. Au cours des années 1980-1990, Logo acquit une grande popularité aux États-Unis et ailleurs (Danvoye, 1991). Dès le début des années 1980, de nombreuses recherches dans les domaines des sciences de l'éducation et de la psychologie se sont intéressées aux possibilités du langage Logo. Certains chercheurs ont examiné les effets de la programmation Logo sur le développement cognitif (Clements, 1986; Clements, 1987; Lee et Thompson, 1997), d'autres sur le développement sociocognitif (Barfurth, 1994; Light et Blaye, 1990, Mavarech et Kramarski, 1993; Yelland, 1994). Alors que d'autres chercheurs se sont donné comme objectif de rassembler les multiples études dans le domaine (Clements, 1986b; Larivée, Parent, Dupré et Michaud, 1988; Liao et Bright, 1991; Singh, 1992).

Par ailleurs, certains promoteurs de l'apprentissage de type constructiviste prônent les bénéfices du rôle social de l'ordinateur sur les apprentissages (McLoughlin et Olivier, 1998; Turkle, 1984). Puisque notre recherche porte sur l'apprentissage en collaboration, il nous est apparu important de vérifier la pertinence

qu'un environnement d'apprentissage de type Logo aurait dans un contexte d'enseignement où la collaboration entre élèves était favorisée. Des chercheurs affirment que certains environnements d'apprentissage Logo sont bénéfiques à ce mode d'apprentissage (Clements, 1986, 1991; Clements et Nastasi, 1988; Maverech et Kramasi, 1993; Nastasi, Clements et Battista, 1990). En effet, grâce à son fonctionnement constamment interactif, Logo a comme effet de susciter des échanges entre les membres d'un groupe (Nastasi, Clements et Battista, 1990). Ce type d'environnement faciliterait aussi le partage d'expertise entre ceux qui sont plus à l'aise avec la programmation et ceux qui sont plus à l'aise avec les concepts mathématiques et scientifiques (Maverech et Kramarski, 1993).

1.4 Les modèles constructiviste et socioconstructiviste

Comme l'explique Dubé (1999), le constructivisme a peu à peu fait sa place au cours des années 1960-1970. La perspective développementale et cognitive de Piaget et d'autres théoriciens, tels que Bruner (1973) et Vygotsky (1978), ont contribué au développement de ce courant de pensée. Comme les défenseurs de l'approche cognitiviste, les tenants de l'approche constructiviste reconnaissent que l'apprentissage est une activité mentale. Toutefois, il n'existerait pas de réalité externe objective, comme le soutiennent les cognitivistes et les behavioristes. L'apprentissage est un processus actif de construction de la réalité qui lui donne une signification unique (Basque, Rocheleau et Winer, 1998). L'acquisition des connaissances se fait donc dans un environnement enrichissant qui permet à l'élève de construire ses connaissances du monde à partir de la manipulation d'objets sur lesquels il réfléchit. Ainsi, l'apprentissage est vu comme une construction qui consiste à donner un sens aux objets et au monde qui les entoure (Brousseau et Vázquez-Abad, 2003). Pour sa part, Dubé (1999, p.7) explique le principe de base du constructivisme comme suit: «la connaissance est construite par l'apprenant lui-même à mesure qu'il s'efforce de bien intégrer ses expériences. Le mot construire est ici le

terme central de la théorie». Ainsi, selon cette perspective, l'apprentissage serait un processus et la connaissance serait construite.

Comme le souligne Laplante (1997), le modèle constructiviste est plus proéminent depuis une vingtaine d'années. Entre autres, en didactique des sciences, on favorise le développement des connaissances scientifiques à travers une participation active de l'apprenant afin qu'il établisse des liens significatifs (Dubé, 1999; Majawamariya, 2000; Pépin, 1994; Thouin, 1997; Twomey-Fosnot, 1996). Pour se faire, certains préconisent une pratique d'enseignement orientée par quatre paramètres spécifiques: la parole, la prise de pouvoir, la participation active et la mémoire (Majawamariya, 2000). Guidé par une perspective constructiviste, Majawamariya (2000), précise que les activités d'apprentissage et l'évaluation de celles-ci doivent être intégrées afin d'assurer le transfert des connaissances. Avec la même ligne de pensée, Thouin (1997) s'est penché sur la question du développement d'instruments de mesure et de stratégies d'évaluation pour l'apprentissage des sciences en contextes constructivistes. Ses outils permettent de cibler les différents processus à évaluer chez l'élève apprenant des sciences en contexte d'apprentissage constructiviste.

1.4.1 Le modèle socioconstructiviste

Certains travaux réalisés en psychologie sociale ont donné naissance au modèle socioconstructiviste. La psychologie sociale génétique (Doise, 1993; Doise et Mugny, 1981, 1997; Perret-Clermont, 1980, 1996) et la psychologie culturelle (Brown et al. 1989; Bruner, 1996) ont toutes deux, grandement contribuées au développement du courant de pensée socioconstructiviste.

Le socioconstructivisme, parfois appelé constructivisme social (Chevrier et al., 2000), s'ancre au constructivisme tout en faisant appel en plus, à la dimension sociale de l'apprentissage. Comme l'expliquent Brousseau et Vázquez-Abad (2003), le socioconstructivisme rend incontournable le rôle de la collectivité sur l'apprenant.

Dans ce sens, une connaissance subjective, propre à un individu, devient objective, ou commune à un groupe, seulement lorsqu'elle est rendue publique et qu'elle est reconnue socialement. Par la suite, cette connaissance objective devient subjective lorsqu'une autre personne l'intériorise et la reconstruit à son tour. Autrement dit, l'esprit humain est actif, il construit sa compréhension significative du monde à partir de ses expériences du monde physique et social, construisant de la sorte des théories et des modèles (Poirier, 1997). Mais en proposant une approche psychosociale des activités cognitives, les tenants du socioconstructivisme remettent en cause certains modèles psychologiques du développement cognitif centrés sur des mécanismes individuels. Le modèle socioconstructiviste fait référence à un paradigme épistémologique de la connaissance, c'est-à-dire un cadre général de référence (Jonnaert, 2002). La réflexion socioconstructiviste et interactive de Jonnaert et Vander Borgh (1999) comporte trois dimensions solidaires ayant leurs caractéristiques propres. Tout d'abord, tel qu'expliqué plus haut, la dimension constructiviste s'appuie sur le postulat que l'élève construit ses connaissances à travers sa propre activité et qu'il manipule essentiellement ses idées, connaissances et conceptions à travers une activité réflexive. Le constructivisme fait donc appel à une activité réflexive sur ses propres connaissances (Jonnaert et Vander Borgh, 1999). La seconde dimension concerne l'importance du rôle des interactions sociales dans le développement des connaissances. L'élève construit principalement ses connaissances dans les interactions avec les autres apprenants et l'enseignant. Comme Jonnaert et Vander Borgh (1999) l'expliquent, les interactions sociales constituent une composante importante du contexte scolaire. Voilà pourquoi, selon les théoriciens, il est important de créer une zone de dialogue qui serve de lieu privilégié entre enseignant, élèves et savoir. La troisième dimension de la perspective des auteurs fait appel aux interactions avec le milieu, c'est-à-dire la dimension «interactive» des apprentissages. En ce sens, les situations et contextes auxquels l'apprenant est confronté, soit physiques ou décrits dans des manuels scolaires, sont sources d'apprentissage car il confronte ses connaissances aux exigences de la

situation (Jonnaert et Vander Borgh, 1999). Bref, ces trois dimensions de la perspective socioconstructiviste et interactive qui définissent chacune leur point essentiel du processus réflexif de l'apprentissage sont interdépendantes.

L'apprentissage collaboratif, thème abordé dans la section qui suit, adhère selon Henri et Lundgren-Cayrol (2001), à la vision subjective de la connaissance et à sa nature profondément sociale. Il sera mis en relief grâce à la perspective socioconstructiviste du développement des connaissances.

1.5 L'apprentissage collaboratif

Une des formes d'apprentissage les plus utilisées dans les salles de classe d'aujourd'hui afin de développer des rapports sociocognitifs stimulants est l'apprentissage en collaboration. Les pages suivantes serviront à examiner ce mode d'apprentissage, privilégié dans la présente étude.

1.5.1 La terminologie

Singer, Behrend et Roschelle (1988, p.274) définissent la collaboration comme « un travail d'équipe visant à résoudre un problème commun ». Plus spécifiquement, l'apprentissage collaboratif est, selon Goupil et Lusignan (1993), une méthode d'enseignement, de ce fait, oriente la manière dont les apprentissages seront réalisés. Dans cette forme d'enseignement qui prend de plus en plus d'importance en éducation dans les pays industrialisés, l'enseignant joue un rôle de facilitant, il guide les élèves dans leurs apprentissages. Quant aux élèves, cette méthode préconise que chacun soit responsable de l'atteinte d'un but, tout en aidant les membres de son groupe dans les tâches de travail ainsi qu'en partageant et en rassemblant ses idées avec celles des autres; chacun contribue, tout au long de la démarche, comme source d'information, de motivation, d'entraide et de soutien (Henri et Lundgren-Cayrol, 1996). En somme, tous les élèves d'un groupe s'influencent mutuellement dans un travail de co-construction des connaissances.

Selon Henri et Lundgren-Cayrol (2001), l'apprenant faisant preuve d'autonomie, de maturité et de responsabilité, bénéficie davantage de cette méthode d'enseignement. D'ailleurs, selon eux, l'apprentissage collaboratif est une approche par laquelle l'apprenant détient un plus grand degré d'autonomie et de contrôle sur ses apprentissages que par la méthode d'apprentissage coopérative. En fait, l'apprenant détermine, avec ses collaborateurs, les démarches à suivre pour atteindre le but du groupe. Il est amené à s'engager dans la construction des connaissances de son groupe de manière dynamique et réflexive. Ces auteurs précisent que, dans une démarche collaborative le rôle de l'apprenant inclut les éléments suivants:

- la mise en œuvre des stratégies cognitives et métacognitives efficaces pour exploiter les ressources de cognition disponibles dans l'environnement d'apprentissage;
- l'engagement envers le groupe et la poursuite du but commun;
- l'acceptation du fonctionnement dans un cadre de soutien mutuel entre apprenants;
- la participation à la synergie du groupe afin d'élaborer des connaissances complexes par la discussion et la négociation du sens.

1.5.2 Les distinctions des autres formes de groupe

Pour plusieurs, l'apprentissage collaboratif se distingue des autres formes d'apprentissage interactifs, telles que le travail d'équipe (Chamberland, Lavoie et Marquis, 1995), le groupe d'apprentissage (Donckèle, 1993), l'apprentissage coopératif (Doyon, et Ouellet, 1991; Johnson et Johnson, 1991; Slavin, 1988, 1989, 1991), et le tutorat (Harper, Maheady et Malette, 1998). Voici les définitions de ces notions ainsi que les termes qui s'y rattachent.

Chamberland, Lavoie et Marquis (1995, p.104) définissent le travail en équipe comme étant «une réunion d'un petit groupe d'apprenants (3 à 8) pour réaliser une tâche précise dans un temps déterminé». Cette formule pédagogique utilise un mode décentralisé d'enseignement qui donne aux apprenants un grand contrôle sur la situation. Les auteurs précisent que chaque membre a le même statut et le même rôle, alors que l'enseignant explique le travail, donne les balises nécessaires et supervise le travail. Les auteurs définissent trois types de travail en équipes. Tout d'abord, le travail parallèle, où chaque équipe accomplit la même tâche, produit une juxtaposition des travaux d'équipe. Ensuite, le travail en complémentarité, lui, s'accomplit en confiant à chaque équipe une partie d'une tâche globale. Ce type de réalisation commune au groupe se fait dans un travail complémentaire par le biais de tâches pouvant être nécessaires les unes par rapport aux autres. Enfin, le travail en équipe à la chaîne est celui par lequel le travail de chaque membre diffère et est lié en suivant une séquence précise.

Le groupe d'apprentissage est défini par Donckèle (1993, p. 86) comme étant «un champ d'étude psychologique résultant des interactions d'au moins quatre personnes en situation de face-à-face en vue d'atteindre une cible commune : ce champ est bi-polaire, l'un des pôles est structuré par les interactions de chaque membre avec la cible, l'autre par les interactions entre les membres. » L'auteur spécifie que la notion de champ désigne un domaine d'étude impossible à soumettre à la méthode expérimentale, cherchant à isoler une ou des variables en vue de déterminer un rapport possible de cause à effet sur l'ensemble, puisqu'il est un système dynamique dont toutes les parties sont interdépendantes. Par ailleurs, il opte pour un nombre minimum de quatre membres pour effectuer des observations intéressantes, car il calcule que c'est à partir de ce chiffre que le nombre de relations devient supérieur au nombre de membres, c'est-à-dire six relations pour quatre membres (AB, BC, AC, AD, BD, CD). De plus, Donckèle (1993) précise que la situation face-à-face advient lorsque les interactions entre chacun des participants

peuvent se faire sans la nécessité d'une troisième personne, tel un intermédiaire servant de lien. L'auteur ajoute que chaque membre du groupe participe à l'œuvre d'une cible commune soit par des interactions des membres avec la cible commune, soit par des interactions entre eux. On constate donc que cette notion du groupe d'apprentissage n'accorde pas d'importance particulière à l'enseignant et ne spécifie pas comment les tâches ni les rôles peuvent être divisés.

Concernant l'apprentissage coopératif, certains auteurs ont cherché à expliquer comment il diffère de l'apprentissage en collaboration. Doyon et Ouellet (1991) définissent l'apprentissage coopératif comme étant une organisation de l'enseignement qui met à contribution le soutien et l'entraide des élèves à travers des groupes hétérogènes d'élèves travaillant selon des procédés préétablis. Ils précisent notamment que les étapes à suivre et les principes fondamentaux de l'apprentissage coopératif consistent à créer une interdépendance positive, c'est-à-dire la participation commune nécessaire à la réussite du groupe, à développer l'acquisition d'habiletés de coopération qui permettent de travailler efficacement et à évaluer le fonctionnement de groupe des élèves. De plus, ils soulignent le fait que l'enseignant veille à la participation de tous et à la réalisation d'une tâche scolaire à travers des échanges mutuels d'opinions, de moyens, de procédés utiles, de réponses, de matériel et d'encouragements (Doyon et Ouellet, 1991). Par ailleurs, selon Phelps et Damon (1989), dans l'apprentissage coopératif les coéquipiers travaillent à un but commun en se partageant des tâches définies. Ainsi, contrairement à l'apprentissage en collaboration, les tâches peuvent, suite à une division, être réalisées individuellement. De manière générale, l'apprentissage coopératif est structuré et systématique (Doyon et Ouellet, 1991).

En ce qui concerne le tutorat, il consiste souvent, selon (Doyon et Ouellet, 1991), d'un élève plus âgé qui enseigne à un élève plus jeune, ou d'un élève ayant

plus de facilité aidant un apprenant pour qui la matière travaillée est plus difficile. C'est donc soit le statut, soit l'expérience qui définit cette forme d'échange.

1.5.3 Les termes associés

Kurt Lewin (1948, 1997) fut le concepteur du terme «dynamique de groupe». Ce psychologue allemand, ayant étudié cette notion lors de ses observations pendant la première guerre mondiale, explique que la dynamique du groupe relève de l'interdépendance entre ses membres bien avant leurs similitudes ou dissemblances : «un groupe peut se caractériser comme un tout dynamique; ce qui signifie qu'un changement dans l'une de ses parties entraîne un changement dans chacune des autres (Lewin, 1948)». Dans cette perspective, le groupe est un lieu d'interaction, et le phénomène groupe y est perçu comme d'essence relationnelle (Donckèle, 1993).

Par ailleurs, le terme de «co-construction» fait appel à la construction commune des connaissances (Hausmann et al., 2004). Ce mécanisme collaboratif de résolution de problème peut prendre différentes formes. Par exemple, la co-construction «élaborative» a lieu lorsqu'un individu génère une idée à partir de celle d'un autre partenaire d'équipe (Tao et Gunstone, 1999) et elle serait une forme d'échange efficace (Hogan, Nastasi et Pressley, 1999).

Selon Tudge et Rogoff (1989), les études sur l'apprentissage en collaboration se différencient des autres études sur l'interaction entre pairs par trois éléments essentiels. Elles sont centrées sur les processus d'apprentissage et non sur les résultats du travail de groupe, elles cherchent à comprendre ce qui est appris à travers l'interaction, et elles étudient comment les interactions se forment.

Somme toute, l'apprentissage collaboratif fait appel à une méthode de travail de groupe qui privilégie le partage des divers modes de pensée et visions des apprenants afin qu'ils construisent leur propre représentation du monde. Moins structurée que la méthode coopérative, elle prône l'autonomie du groupe

d'apprentissage ainsi que la participation dynamique et réflexive de chacun des participants à une tâche de travail commune. De plus, les collaborateurs déterminent les démarches à suivre pour l'atteinte du but du groupe. Finalement, les définitions ci-haut mentionnées révèlent que cette méthode d'enseignement vise à faire valoir la richesse de la dynamique du travail de groupe ainsi que la complexité des processus d'apprentissage qui en découlent.

1.5.4 Les recherches sur l'apprentissage en collaboration

De nombreuses études sur le rôle des interactions sociales dans le développement cognitif ont mis en évidence leurs répercussions positives sur la réussite scolaire (Johnson et Johnson, 1989; Slavin, 1988), la résolution de problème (Hogan, Nastasi et Pressley, 2000; Okada et Simon, 1997), les relations interpersonnelles (Johnson et Johnson, 1990; Slavin, 1985) et la motivation à apprendre (Cohen, 1994; Nastasi et Clements, 1991; Slavin, 1990). Alors que d'autres ont cherché à dégager la nature des liens entre les types d'interactions sociales et la productivité des groupes d'apprentissage (Cohen, 1994; Webb, 1982, 1985; Wilkinson, 1989). Plusieurs de ces études se concentraient sur l'apprentissage en contexte traditionnel, elles cherchaient à comprendre l'effet d'un contexte d'apprentissage sur la réussite scolaire. Les recherches décrites dans les pages qui suivent ont été retenues parce qu'elles visaient à comprendre les processus d'apprentissage en collaboration, les rôles sociaux ainsi que les éléments méthodologiques relatifs à notre étude.

1.5.4.1 La communication dans l'équipe de travail collaboratif

Plusieurs chercheurs s'intéressant aux aspects sociocognitifs de l'apprentissage ont démontré l'importance d'évaluer le développement cognitif de manière dynamique, par l'analyse des interactions cognitives et sociales d'un groupe dans le temps (Barfurth, 1994; Forman et Cazden, 1985; Forman, 1989; Rogoff et Wertsch, 1984). Des recherches récentes fournissent des renseignements intéressants, quant aux

nouveaux aspects relatifs à l'apprentissage en collaboration. Par exemple, les élèves qui réussissent le mieux au plan académique ne collaborent pas nécessairement mieux que les participants qui ont des résultats scolaires plus faibles. Hogan (1999a) a démontré cela en comparant trois aspects du cadre personnel de référence (*personal frameworks*) de douze élèves d'un cours de science de la deuxième année du secondaire avec leurs résultats scolaires et leur niveau d'engagement sociocognitif. Les entrevues effectuées portaient sur les trois aspects du cadre de référence des participants: personnel (intérêts, capacités, buts), stratégies et modes d'apprentissage (méthodes préférées pour apprendre des sciences) et sujet appris (la discipline de la science). L'engagement sociocognitif des participants fait ici référence à une collaboration composée de réflexion, de curiosité et de participation active aux échanges. Les données provenant des entrevues semi structurées et d'observations vidéo des discussions de groupe d'une durée de douze semaines ont permis d'établir des relations entre le niveau d'engagement sociocognitif des élèves, leur cadre personnel de référence et leurs résultats scolaires. Le lien corrélationnel le plus déterminant se trouvait entre le niveau d'engagement sociocognitif et la perspective des élèves face aux stratégies et modes d'apprentissage. Cela a permis de constater que les préférences des élèves, quant aux stratégies et modes d'apprentissage, influencent leur participation au travail de groupe de manière significative. Ainsi, les élèves qui appréciaient le bien-fondé du partage d'idées et d'opinions dans la communication entre partenaires d'équipe sollicitaient davantage des idées et développaient plus leur pensée à partir des contributions des autres. Ceux qui avaient davantage un rôle de "promoteur de réflexion" étaient ceux qui appréciaient les questionnements comme moyens efficaces et intéressants d'apprendre, et ce, tant pour comprendre les idées des autres coéquipiers que pour apprendre par eux-même (se poser des questions).

D'autres recherches révèlent les aspects importants de la communication dans un mode d'apprentissage en collaboration. Graves et Zack (1996) ont exploré

comment le partage de questionnements personnels et de connaissances dans un contexte d'apprentissage en collaboration peut mener au changement conceptuel. Ces auteures considèrent que la communication, l'activité d'apprentissage et les représentations sont inter-reliées. Leur analyse des échanges d'élèves de 5^e année du primaire travaillant à résoudre des problèmes mathématiques a servi à illustrer et à comprendre les types de questionnements utiles à la résolution de problème en groupe, et plus particulièrement au développement de la pensée mathématique. La recherche de cohérence par le biais de questionnements face au problème discuté a été identifiée comme un facteur favorable au développement du changement conceptuel en mathématiques. Ainsi, la recherche de sens relative aux idées des partenaires de travail a été retenue comme étant un des éléments de communication les plus importants pour la résolution de problèmes mathématiques.

L'étude de Hogan, Nastasi et Pressley (2000) appuie ces données. Leur recherche avait pour but d'analyser des schèmes d'interaction ainsi que la complexité et les formes de raisonnement scientifique de deux groupes d'élèves de la deuxième année du secondaire. Un groupe était formé d'élèves qui travaillaient seuls, l'autre groupe était guidé par un enseignant qui agissait en tant qu'expert et médiateur. De manière générale, les discussions du groupe d'élèves guidées par un enseignant permettaient d'atteindre un niveau de raisonnement plus élevé et une meilleure compréhension du problème scientifique à résoudre que les discussions entre élèves seulement. Les échanges avec l'enseignant incitaient les élèves à raffiner et à clarifier leurs idées et, de ce fait, à bénéficier d'un certain recul. Par ailleurs, les interactions entre les élèves d'un même groupe avaient tendance à être plus exploratoires et plus variées. Mais, certains de ces groupes ont atteint un niveau de raisonnement plus élevé lors de leurs échanges intragroupe que lorsque leur enseignant participait à la discussion. Enfin, en ce qui a trait aux types d'interactions, les échanges «élaboratifs», comparativement aux échanges de type orientés vers le consensus ou la réplique, étaient les plus productifs et songés, et ce, tant dans les échanges entre

élèves et enseignants que dans les échanges entre élèves seulement. Notons que le temps de discussion, c'est-à-dire le nombre de séquences d'interaction, était corrélé au niveau de complexité de raisonnement pour les échanges entre élèves. Il appert qu'il était plus long d'atteindre un niveau de raisonnement complexe sans aide de l'enseignant, ce qui suggère que le raisonnement collaboratif est plus efficace avec l'aide d'un enseignant. Cette étude a donc décelé plusieurs facteurs à considérer dans un contexte d'apprentissage en collaboration.

Similairement, la recherche d'Okada et Simon (1997) permet de comprendre des éléments pouvant favoriser des échanges plus élaborés. Ils ont identifié et comparé des processus de résolution de problème de science par la découverte dans un contexte d'apprentissage collaboratif. Les chercheurs ont choisi d'utiliser une méthode expérimentale contrôlée permettant de comparer des groupes d'élèves travaillant seuls à une même tâche avec des groupes d'élèves travaillant en pairs à une tâche comparable. Les approches utilisées par les élèves, expérimentale, théorique ou empirique, ont été analysées. Vingt-sept étudiants masculins de niveau collégial ont participé à l'étude. En comparant les sujets qui travaillaient seuls à une tâche avec les autres travaillant en dyades, les diverses stratégies de résolution de problème ont été analysées. Ils ont constaté que les dyades réussissaient davantage et participaient plus activement à des activités explicatives, telles que l'émission d'hypothèses, l'élaboration de justifications et la soumission d'idées alternatives. Cependant, les activités explicatives ne s'avéraient aidantes seulement lorsque les élèves complétaient les expériences scientifiques, c'est-à-dire lorsqu'ils parvenaient à effectuer la collecte des données nécessaires. Mais elles étaient facilitées lorsque les partenaires d'équipe faisaient des demandes d'élaboration, car ces demandes étaient liées à des conditions spécifiques qui aidaient à mieux comprendre. Par exemple, un manque de compréhension ou une opinion différente de celle du co-équipier était souvent suivi d'une demande d'explication. Ainsi, cette recherche permet de comprendre comment des activités explicatives entre des élèves peuvent contribuer à

la co-construction de connaissances en science. En somme, ces résultats suggèrent que les modes de communication ont une influence directe sur l'apprentissage effectué en groupe de travail collaboratif.

Ces données sont similaires à celles de Cohen (1994) qui a produit une recension des écrits sur les conditions de réussite pour les petits groupes de travail. Elle a observé que les échanges et les discussions de type «élaboratifs» sont des éléments nécessaires à la résolution de problèmes ouverts et à la compréhension de concepts scientifiques. D'autres études semblables ont démontré l'importance d'éléments facilitant la communication dans l'apprentissage collaboratif. À preuve, selon Forman et McPhail (1993), l'écoute des explications et l'esprit critique par rapport à la cohérence et aux précisions apportées par les partenaires seraient des composantes favorables au travail collaboratif.

Enfin, chez les élèves d'un niveau du 2 et 3^e cycle du primaire, la communication dans un contexte d'apprentissage collaboratif ne se résume pas uniquement en une série d'échanges polis et courtois. En effet, Barfurth (1994) a illustré que les désaccords entre des élèves en cours d'apprentissage de sciences et de nouvelles technologies s'avèrent parfois une forme légitime de collaboration. Les observations des apprenants travaillant sur une tâche de conception et de construction Lego/Logo se sont centrées sur les actions sociales et cognitives du processus de collaboration. La majorité (82%) des désaccords face au travail à accomplir se sont finalement avérés stimulants en plus d'être constructifs. À titre d'exemple, l'opposition, entraînait soit l'ajout d'un aspect ou le maintien d'un point de vue utile à la tâche, une sorte d'action cognitive constructive. Lorsque les élèves ne semblaient pas interagir de manière harmonieuse selon une perspective sociale, la résultante sur le plan cognitif en était une de collaboration.

1.5.4.2 Les types de jumelage des partenaires

Si les modes de communication influencent directement l'apprentissage en groupe de travail collaboratif, qu'en est-il des types de jumelage des apprenants? Rogoff (1998) a observé des échanges sociocognitifs d'apprenants en contexte de laboratoire. Certaines lignes de conduite ont émergé des comparaisons de l'aide donnée à un enfant novice (enfant élève) par un enfant plus expérimenté (enfant enseignant) avec l'aide donnée par un adulte. D'une part, l'enfant enseignant semblait trop centré sur la tâche concrète, ne prenant pas soin de s'assurer que l'enfant élève comprenait le concept sous-jacent. D'autre part, l'enfant enseignant s'impliquait soit trop, soit pas assez dans la tâche demandée.

Par ailleurs, Duran et Gauvain (1993) ont cherché à savoir si c'est l'âge ou le statut d'expertise du partenaire de travail qui a le plus d'effet sur les gains cognitifs lors du travail collaboratif entre enfants. Ces auteurs soulignent le fait que l'âge et le statut d'expertise ont souvent été confondus dans le passé. Leur étude a servi à analyser le développement d'habiletés métacognitives d'enfants travaillant en collaboration avec un expert à peu près du même âge, c'est-à-dire un enfant de cinq ans et un expert âgé de sept ans. Ils ont confirmé l'hypothèse stipulant que les enfants novices étaient plus impliqués dans la tâche lorsqu'ils travaillaient avec un expert du même âge plutôt qu'avec un expert d'un âge plus avancé. De plus, il est intéressant de constater que la participation des novices jumelés avec des experts plus âgés diminuait lorsque la tâche devenait plus exigeante, contrairement aux situations où ils étaient jumelés avec des experts du même âge. Il y avait moins de périodes d'argumentation entre les experts plus âgés et les novices. En fait, les jeunes du même âge avaient plus tendance à se donner des défis et à discuter ensemble, ce qui engendrait un plus haut niveau de participation. Par contre, aucune différence significative ne fut trouvée entre les deux groupes pour le temps d'accomplissement de la tâche. En conclusion, cette recherche porte à croire que les interactions entre un

jeune et un expert diffèrent selon l'âge du partenaire expérimenté et que cette variable influence significativement la dynamique de leur travail de collaboration.

Pour sa part, l'étude de Damon (1984) qui comparait les types de partenaires d'équipe, a démontré que l'apprentissage en collaboration entre des enfants novices et des enfants plus expérimentés devrait être davantage préconisé pour le développement de connaissances ou d'habiletés qui ne nécessitent pas de changement conceptuel. Le travail collaboratif peut, par exemple, être une occasion d'échanger, de débattre ainsi que de présenter et d'écouter différents points de vue. Entre autres, il explique que l'apprenant peut être influencé par l'opinion d'un coéquipier, et par la suite, laisser tomber sa conception dans une quête d'une meilleure compréhension.

De plus, selon lui, le travail entre partenaires de même niveau est surtout profitable pour le développement d'idées et d'arguments dans la résolution de problème. Il est donc important de considérer les forces et les limites de différents types de jumelage dans l'utilisation d'un mode d'enseignement collaboratif. Ainsi, d'une part, la composition du groupe peut dépendre du résultat souhaité; par exemple, jumeler des enfants novices à des enfants experts pour le développement de nouvelles habiletés ou l'approfondissement des connaissances actuelles. D'autre part, on peut composer des équipes de travail homogènes pour effectuer des tâches de travail, telles que l'acquisition de nouvelles connaissances ou la restructuration des connaissances actuelles (Dillenbourg et al., 1996).

1.5.4.3 Les rôles des coéquipiers

Plusieurs recherches ont étudié des aspects de la dynamique des groupes d'apprentissage, dont celui du rôle de l'élève (Druin et Fast, 2002; Flaherty, 1993; Garrison, 2004; Hogan, 1999; Kafai, 2002; Lavonen et al., 2002; Waters et al., 1992). Examinons ces recherches et l'importance de cette variable.

Dans les processus d'apprentissage en collaboration, chaque élève est responsable de l'atteinte de l'objectif commun. Dans ce sens, à travers sa participation, chaque élève contribue, d'une manière quelconque, à la dynamique et à la réussite du groupe; l'apprenant doit, selon la pédagogie de collaboration, être prêt à collaborer. Le cas échéant, puisque les rôles ne sont pas prédéterminés, la collaboration permet à chacun de définir et de communiquer son engagement par le biais d'une approche négociée (Henri et Lundgren-Cayrol, 2001). Ainsi, des rôles non prédéterminés se forment et se transforment à travers une ou plusieurs tâches communes.

Par ailleurs, plusieurs recherches omettent de tenir compte des aspects se rattachant aux influences sociales dans leurs analyses des interactions (Kreijns et Kirchner, 2002; Kreijns, Kirschner et Jochems, 2003; Wegerif, 2002). Pour sa part, Hogan (1999) définit la notion de rôle comme étant une forme (*pattern*) de participation prévalant dans un groupe de travail. Elle classifie les rôles selon deux catégories principales : les rôles qui facilitent le raisonnement du groupe et ceux qui l'inhibent. Chaque catégorie comporte quatre sous-catégories tel que présenté dans le tableau 1-1.

Tableau 1-1

Huit types de rôles sociaux, tiré de Hogan (1999)

Rôles qui facilitent les processus de raisonnement de groupe	Rôles qui inhibent les processus de raisonnement de groupe
Promoteurs de réflexion : amène le groupe à réfléchir et à améliorer la qualité de réflexion de chacun.	Promoteur d'acrimonie : est condescendant, sarcastique, hostile ou emprunte un ton de voix impatient; attaque ou abaisse les idées de l'autre.
Contributeurs de connaissances : partage des explications ou des informations liées à des concepts.	Promoteurs de distraction : discute de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif.
Promoteurs d'idées créatives: partage de nouvelles idées ou des idées créatives.	Passif : ne réalise que des tâches simples ou accepte une idée peu songée; passif, démontre peu d'engagement dans les réflexions; explore peu les idées partagées et les acceptent sans les remettre en question.
Médiateurs des interactions et des idées du groupe: Intervient pour concilier ou faciliter les interactions et l'échange des idées du groupe; évalue les forces et les faiblesses des actions des partenaires, aide à gérer les conflits et facilite le travail de groupe.	Réticent à participer : hésite ou s'abstient de participer; manifeste un manque d'intérêt ou de confiance dans leurs habiletés ou leurs idées; peu disposé à s'engager dans la co-construction d'idées.

De plus Hogan (1999), dans sa recherche sur les échanges d'élèves travaillant en collaboration a mesuré leur niveau de raisonnement cognitif en analysant comment ils pouvaient générer un modèle explicatif de leur expérience scientifique. Les élèves devaient répondre à quatre questions précises en se basant sur leurs observations empiriques et en se référant à un modèle scientifique. À l'aide d'observations suivies durant douze semaines, elle a découvert que les élèves qui réussissaient le mieux sur le plan académique n'étaient pas nécessairement les meilleurs collaborateurs. Ceux-

ci ne réussissaient pas mieux que les autres élèves au regard du partage d'idées, du raisonnement, de la curiosité et de la participation en groupe. En fait, les habiletés liées à la réussite du travail de groupe différaient des habiletés de performance liées à la *réussite* ou la *performance académique*. Son étude démontrait ainsi la présence d'un lien corrélatif entre les rôles sociaux, les perspectives individuelles des élèves et le niveau de raisonnement cognitif atteint dans le groupe. De plus, l'examen de la constance et de la variabilité des données cumulatives a révélé que les rôles sociaux des élèves se maintenaient à travers le temps. Or, un élève qui était davantage un « promoteur de réflexion » collaborait en variant peu de type rôle à travers le temps. Néanmoins, selon Hogan (1999), peu des recherches ont examiné l'émergence naturelle des rôles sociaux d'élèves identifiés comme novices ou experts à travers des tâches variées d'apprentissage. Elle mentionne à ce sujet qu'il serait intéressant et fort utile d'examiner comment le rôle social d'un élève dans une équipe de travail se transforme à travers plusieurs activités d'apprentissage.

Par ailleurs, Kafai (2002) s'est intéressé à la perception des rôles d'élèves de 4^e et 5^e années du primaire lors d'activités de collaboration en programmation informatique. Les perceptions analysées étaient celles qui concernaient l'aide accordée par les coéquipiers soit à leur équipe de travail, soit à d'autres élèves de leur salle de classe. Les différentes mesures ont permis de constater que, selon la perception des élèves, le type d'aide la plus fréquemment reçue était l'aide technique (62%). Aussi, plus les élèves devenaient expérimentés, plus ils donnaient de leur temps pour aider d'autres élèves. Enfin, plus le projet d'équipe avançait dans le temps, plus l'expérience des élèves avec le matériel technique augmentait et plus les types d'aide apportées et reçues variaient. Conséquemment, les types d'interactions se transformaient avec le temps; un élève expérimenté était considéré comme étant aidant. Toutefois, il aurait été profitable de pouvoir comparer les perceptions des élèves avec des observations qualitatives impartiales afin de vérifier si les perceptions étaient effectivement justes. De plus, des comparaisons entre les résultats d'entrevues

faites à différentes étapes du développement des projets d'apprentissage auraient permis d'établir différents liens entre l'expérience des élèves et leur rôle d'aidant en salle de classe.

Pour sa part, Druin (2002), par le biais d'une recension de recherches dans le domaine de l'interaction entre humain et ordinateur (*Human Computer Interaction*), a examiné l'émergence des rôles d'élèves à travers des activités de design de nouvelles technologies. L'analyse des méthodes de recherche utilisées à travers l'historique du développement des technologies lui a permis d'observer comment les enfants étaient considérés. Les rôles des enfants ciblés par la chercheuse étaient ceux d'utilisateurs, de vérificateurs, d'informateurs et de partenaires de développement d'outils technologiques. Elle a observé que, depuis le milieu des années 1990, les enfants étaient de plus en plus sollicités pour les rôles de critiques et de développeurs d'outils technologiques, mais moins sollicités comme simples utilisateurs.

En somme, tel qu'expliqué dans la section terminologie, le rôle social dans une équipe de travail dépend beaucoup de la structure du groupe. De plus, des recherches indiquent que la réussite scolaire n'est pas corrélée avec les rôles qui facilitent les processus de raisonnement de groupe (Hogan, 1999). Par contre, on observe que le niveau d'entraide donnée par un apprenant est corrélé avec son expérience (Kafai, 2002), et que, par ailleurs, les enfants sont de plus en plus sollicités depuis une dizaine d'années en tant que critiques et développeurs d'outils technologiques (Druin, 2002; Scaife et al. 1997).

1.5.4.4 Les caractéristiques de la tâche de travail

Comme l'expliquent Henri et Lundgren-Cayrol (2001), la tâche collaborative se compose d'un ensemble d'activités dans un scénario d'apprentissage: l'exploration du contenu, l'élaboration des représentations, la communication d'idées et la construction des connaissances. Chacun des apprenants réalise l'ensemble de la tâche

qui est la même pour tous (Henri et Lundgren-Cayrol, 2001) en utilisant les ressources à sa disposition, dont les partenaires d'équipe.

Le type de tâches effectuées peut interférer avec le niveau développemental de l'apprenant. En effet, certaines tâches peuvent mener à des obstacles. Par exemple, des tâches de planification peuvent être difficile à assumer pour des jeunes enfants puisqu'elles demandent d'être capable de se projeter dans le temps (Rogoff, 1990), tout comme il peut être ardu pour une dyade d'enfants âgés de moins de dix ans de réussir une tâche qui exige de s'adapter mutuellement, c'est-à-dire de résoudre le problème avec allocentrisme (Doise et Mugny, 1997).

À travers une étude descriptive, Deering et Meloth (1993) ont examiné la forme et le contenu de discussion d'élèves du 2^e et 3^e cycle du primaire. Les élèves travaillaient en groupes coopératifs. Le contenu de leurs échanges a été classé selon quatre formes: procédural, académique, individualiste et social/émotif. Les résultats suggéraient qu'à travers les trente-sept séances d'observation d'une durée de trente minutes à une heure chacune, 44,71% des échanges étaient de type procédural et 46,02% étaient de type académique. Ainsi, les données globales indiquaient que le contenu des discussions était relié à la tâche de travail dans la majorité des observations. De plus, très peu d'échanges de type inhibiteurs étaient présents (8,30%). L'âge et le niveau de développement des élèves étaient peu associés au contenu de la discussion. Les auteurs ont conclu que les tâches de travail servent de guide dirigeant les pensées et les actions des élèves.

Il est à noter que dans un environnement d'apprentissage collaboratif par le biais des nouvelles technologies, on distingue bien la situation d'apprentissage d'un logiciel et la situation de l'apprentissage dans la réalisation d'un travail d'équipe (Chevrier et al., 2000). Par ailleurs, il est également important de considérer que l'élève peut interagir et apprendre différemment selon la nature de la tâche d'apprentissage et ce, surtout lors de l'utilisation de matériel permettant une diversité

de tâches et de projets pédagogiques, comme celui utilisé dans notre étude (Resnick, 1998).

Par ailleurs, les recherches dans le domaine doivent aussi s'assurer d'avoir les outils appropriés qui permettent de mesurer ce qui se rattache aux tâches d'apprentissage. Comme Dillenbourg et al. (1996) le soulignent, une étude portant sur le changement conceptuel peut difficilement mesurer la réussite à une tâche qui exige peu de raisonnement de l'apprenant. Par exemple, on ne choisira pas une tâche de travail qui est purement procédurale pour mesurer le changement conceptuel. Tel que mentionné plus haut, Thouin (1997) a développé des outils d'évaluation pour évaluer la formation de concepts scientifiques chez les jeunes.

Tous ces facteurs doivent être considérés lors d'études qui s'attardent à l'importance des tâches de travail dans un environnement d'apprentissage. Dans la recherche ci-présente, des analyses de relation entre les tâches de travail et le rôle social ont été effectuées afin de vérifier 1) les observations de Resnick (1998) qui stipulait que la diversité des types d'interactions pouvait être en lien avec la nature de la tâche et 2) les données de Hogan (1999a) qui a démontré la présence d'un lien corrélatif entre les rôles sociaux, les perspectives individuelles et le niveau de raisonnement cognitif d'élèves.

1.5.5 La synthèse de la revue de littérature

En somme, ce chapitre a tout d'abord exploré l'apprentissage dans un contexte de NTIC, les aspects qui s'y rattachent tels que, la manipulation et l'interaction avec l'objet et l'évolution des recherches sur le langage de programmation Logo. Par la suite, les modèles constructivistes et socioconstructivistes faisant référence à un cadre général de référence ont été présentés et leurs caractéristiques ont été définies. L'autre point important de ce chapitre fut la section portant sur l'apprentissage en collaboration. Sa terminologie et les méthodes

qui lui ressemblent, les distinctions des autres formes de groupe, les termes associés et les recherches sur ce mode d'apprentissage ont été présentés.

En ce qui a trait aux recherches résumées, elles illustraient plusieurs caractéristiques influençant le travail d'apprentissage collaboratif. En considérant l'ensemble des études sur l'apprentissage en collaboration, un nombre important de variables influençant ce mode d'apprentissage a été souligné. Concernant la communication, l'étude d'Hogan (1999a) a découvert un lien important entre le niveau d'engagement sociocognitif, c'est-à-dire la collaboration composée de réflexion, de curiosité et de participation active aux échanges, et la perspective des élèves face à leurs apprentissages. Ainsi, les élèves qui croyaient en la pertinence du partage d'idées et d'opinions dans la communication entre partenaires d'équipe, sollicitaient davantage des idées et développaient plus leur pensée à partir des contributions des autres. Leur perspective du travail collaboratif était donc déterminante. De plus, il a été noté que le type de jumelage des partenaires de travail pouvait affecter leur participation et leur réussite. Le rôle de chacun dans l'équipe de travail a été considéré comme une variable pouvant changer à l'intérieur d'un même équipe de travail et à travers le temps. Enfin, en ce qui a trait aux tâches de travail, leurs caractéristiques dans un contexte d'apprentissage collaboratif ont été définies, suivis des aspects pouvant interférer avec l'apprentissage, tel que le niveau développemental de l'apprenant, le contenu des discussions et le matériel utilisé, et qui avaient une influence significative sur la tâche de travail des apprenants. Examinons maintenant les objectifs de la présente recherche.

1.6 Les objectifs de la recherche

La présente recherche a considéré les recommandations de l'étude qui suit dans ses objectifs de recherche. Kreijns et al. (2003) ont identifié deux pièges auxquels se heurtent fréquemment les chercheurs qui étudient l'apprentissage en collaboration à travers des environnements technologiques: 1) présumer que

l'interaction sociale prend forme simplement par le fait que la participation prend place dans un environnement approvisionné d'outils technologiques; et 2) étudier les interactions sociales d'abord et avant tout par les biais des analyses des interventions éducatives visant à développer les processus cognitifs en omettant ou en négligeant de considérer les interactions sociales liées aux processus socioaffectifs et psychologiques telles que les émotions, les perceptions et les attitudes. Ces déterminants pourraient expliquer la variabilité des résultats entre les nombreuses études. Or, la composition du groupe, la communication et les rôles des élèves devraient être considérés dans les recherches ainsi qu'en tant qu'enseignant travaillant sur le terrain.

Depuis plus de vingt ans, un grand nombre de recherches sur le rôle de l'interaction sociale démontrent qu'elle peuvent influencer positivement le développement cognitif (Doise et Mugny, 1981, 1997; Perret-Clermont, 1980, 1996). Les recherches portant sur les processus de collaboration nous ont informé sur la complexité des interactions sociales en tenant compte des perspectives sociales et cognitives des sujets (Forman, 1987; Roschelle, 1992). Pendant plusieurs années, les théoriciens de l'apprentissage collaboratif s'intéressaient à l'évolution de l'individu en groupe. Toutefois, un intérêt récent, porte sur le fonctionnement du groupe comme unité d'analyse, c'est-à-dire la dualité inhérente de la démarche individuelle et collective. Or, des études se sont centrées sur les processus d'apprentissage afin de comprendre ce qui est appris à travers les interactions sociales et comment elles se forment et se transforment (Tudge et Rogoff, 1989). Les besoins identifiés dans le domaine dévoilent qu'il serait davantage pertinent de poursuivre l'étude des dynamiques d'interaction et de participation des groupes d'apprentissage (Dillenbourg et al., 1996; Rogoff, 1998) avant de se questionner sur l'impact des interactions. Cette vision orientée sur les processus provoque donc un besoin de développement de nouveaux outils d'analyse des interactions (Dillenbourg et al., 1996). De plus, peu de recherches ont porté sur la diversité des tâches que procure

les outils technologiques utilisés dans la présente recherche et ce, même malgré leur grande popularité dans les milieux familiaux et scolaires (Resnick, 1999).

La recherche actuelle avait une vision orientée sur les processus et souhaitait développer un outils d'analyse des interactions permettant d'examiner les interactions d'un petit groupe d'élèves. Examinons les questions relatives à cette étude des dynamiques d'interaction et de participation des groupes d'apprentissage.

1.6.1 L'objectif général

Les objectifs de la présente recherche nous permettant d'explorer des aspects des processus d'apprentissage collaboratif. L'étude avait pour cause d'identifier et d'analyser les processus de collaboration d'élèves de 6^e année du primaire et ce, en examinant les interactions verbales des élèves dans un contexte d'apprentissage des sciences et technologies. Selon Hogan (1999a), peu d'études ont examiné l'émergence naturelle des rôles sociaux d'élèves identifiés comme novices ou experts à travers des tâches variées d'apprentissage. D'ailleurs, elle recommandait que de futures recherches examinent comment le rôle social d'un élève se transforme à travers différentes activités d'apprentissage de son équipe de travail : « It would be necessary to observe the same students interacting in different groups on similar and dissimilar tasks to trace the relative influence of personal attributes and group and tasks contexts on their social cognitive roles » (Hogan, 1999a, p.876).

Par ailleurs, sachant que la situation d'apprentissage d'un logiciel et la situation de l'apprentissage de création d'outils sont bien distinctes (Chevrier et al., 2000), il était aussi important pour nous de comprendre comment un élève pouvait interagir lors de différentes tâches de travail. Bref, les analyses de la présente étude

avaient pour but de dégager des liens entre les rôles sociaux lors des interactions sociales et les tâches d'apprentissage collaboratif.

1.6.2 Les objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de la recherche visent à répondre aux questions suivantes:

- Comment la participation aux échanges diffère-t-elle selon les participants, les sujets de conversation et les tâches de travail?
- Y a-t-il des liens significatifs entre certains rôles sociaux et certains sujets de discussions?

Le chapitre qui suit expliquera en détail le processus méthodologique et statistique de l'étude.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

Pendant de nombreuses années, les méthodologies conventionnelles en sciences humaines ont tenté de résoudre les problèmes de la scientificité par des méthodes empiriques qui avaient pour but de contrôler certaines variables environnementales et subjectives afin de restreindre la présence de biais. Au cours des années '50, des chercheurs américains critiquaient l'approche expérimentale en argumentant que les recherches se déroulaient dans des contextes artificiels et non familiers (Laperrière, 1997). De plus, les expérimentations étaient de courte durée et impliquaient des situations non-familières, rendant ainsi les résultats peu généralisables à d'autres contextes. C'est alors que des approches qualitatives ont pris forme et ont progressivement remis en cause certains postulats, dont celui d'une réalité strictement objective et celui du concept de causalité linéaire. Peu à peu, les chercheurs qualitatifs ont développé des méthodes permettant ainsi d'étudier les ressources de la subjectivité, du changement et des interactions complexes en étudiant des phénomènes sociaux en contexte naturel.

Compte tenu de la nature des questionnements de recherche, les choix d'effectuer des observations en salle de classe, de favoriser des modes qualitatifs de collecte de données, d'analyser les données de façon quantitative et de présenter les résultats sous forme d'étude de cas ont été préconisés. De plus, la population ciblée et les caractéristiques de notre échantillon, c'est-à-dire l'accès à une équipe d'élèves pendant une période de quatre mois, se prêtaient davantage à une étude qualitative permettant d'élaborer des analyses complexes, de tenir compte du changement dans le temps et des perspectives des sujets. Qui plus est, comme cette recherche souhaitait examiner les échanges entre élèves lors d'un travail de collaboration s'échelonnant sur plusieurs semaines, une analyse qualitative qui permet l'exploration globale du matériel a été choisie. L'exploration globale, telle que l'explique Van der Maren

(1999), sert habituellement à élaborer des relations de sens à partir du matériel d'analyse. La présente étude souhaite pouvoir dégager un sens des différents sujets de discussion et des rôles sociaux observés dans l'interaction au sein du groupe étudié, cette méthode a tout d'abord permis d'examiner le matériel. Puis, afin de vérifier si des liens entre les différents facteurs observés existaient, des analyses statistiques ont servi à établir des relations de sens entre ces différents facteurs, ce qu'une recherche expérimentale de type prétest et posttest n'aurait pu permettre.

2.1. Les participants

La sélection des participants a été effectuée parmi des élèves dont les parents ont consenti à la participation. L'enseignante, qui connaissait certains des élèves depuis plus de six ans et d'autres depuis plus d'un an et demi, a regroupé les élèves selon les critères de sélection hétérogènes suivants: 1) le niveau d'habileté et d'expérience avec le matériel technologique et 2) le niveau habituel de participation des élèves. À la demande de l'expérimentateur, l'enseignante a bien voulu former des groupes du même sexe puisque l'un des intérêts de recherche était d'observer des équipes de travail du même sexe.

La chercheuse a observé les interactions d'un groupe de trois élèves. Les participants observés étaient des filles âgées entre 12 et 13 ans. Les expériences individuelles des élèves en informatique variaient puisqu'elles ne fréquentaient pas tous cette école depuis le début de leurs études primaires. Néanmoins, toutes les filles avaient au moins une année d'expérience de travail collaboratif et de programmation Logo. Plus précisément, les participantes F1 et F2 n'avaient aucune expérience préalable en robotique, mais possédaient cinq années d'apprentissage en programmation Logo. Pour sa part, la participante F3 n'avait aucune expérience en robotique et possédait une année d'apprentissage en programmation Logo.

2.1.1. L'école

L'école Ste-Marie (non fictif) est une école primaire privée non-dénominate qui est située dans un milieu socio-économique fortuné de Montréal. L'enseignante, qui avait plus de 20 années d'expérience en enseignement des nouvelles technologies, s'intéressait aux outils robotisés et à la programmation Logo depuis leur apparition. De plus, elle avait déjà reçu une doctorante qui observait ses élèves travailler avec des outils Lego-Logo auparavant (Barfurth, 1993). Suite à une formation d'un mois avec le matériel technologique fourni par le ML, les Blues Dot Crickets (Resnick, Berg et Eisenberg, 1999), elle souhaitait utiliser ces nouveaux outils technologiques afin de permettre à ses élèves d'explorer un concept scientifique. Le thème de la température a été choisi par l'enseignante par intérêt et parce que le matériel utilisé permettait aux élèves de vérifier leur questionnement sur le concept de température par des méthodes d'apprentissage actif.

Compte tenu que l'école favorise l'apprentissage en collaboration, la structure des salles de classe facilitait ces modes d'apprentissage. En effet, les groupes étaient formés de vingt-cinq élèves par niveau scolaire. Toutefois, pour chaque cours, les groupes étaient divisés en deux. Ainsi, deux sous-groupes d'une douzaine d'élèves de la sixième année participaient au projet de robotique de l'enseignante.

2.2. La tâche de travail des élèves

2.2.1. L'objectif du projet d'apprentissage collaboratif

Trois filles devaient explorer une problématique reliée au concept de la température. Ce thème a été choisi par l'enseignante par intérêt et parce que le matériel utilisé permettait aux élèves de vérifier leurs questionnements sur le concept de température par des méthodes d'apprentissage actif et collaboratif. Le projet de classe requérait que les élèves rassemblent leurs idées créatives et leurs habiletés de résolution de problèmes en science et en informatique en travaillant en groupe de trois élèves.

2.2.2. Le matériel technologique utilisé par les élèves

Le développement de la technologie des Crickets⁷ provient du projet de recherche *Beyond Black Boxes* du Groupe de recherche *Épistémologie de l'Apprentissage*. Tel que mentionné plus haut, le ML a développé des outils robotisés qui permettent à des enfants de créer des projets de design à l'aide de blocs de construction LEGO (Martin, 1988; Resnick, Berg et Eisenberg, 1999; Resnick, Martin, Sargent et Silverman, 1996; Resnick et Ocko, 1991). Originellement appelés *The Programmable Bricks*, ces outils, maintenant nommés les *Crickets*, ont été développés par Mitchel Resnick et son équipe (Martin, 1988; Resnick, Berg et Eisenberg, 1999), en continuité avec les travaux de Seymour Papert (Papert, 1981, 1994, 1997). Ce projet a pour but de développer des outils informatisés qui permettent à des jeunes de créer et de personnaliser des instruments scientifiques. À travers le développement de ces *outils-pour-penser* (Papert, 1981), Resnick et ses collègues (Resnick, Berg et Eisenberg, 1999) désirent encourager le développement des aspects créatifs, esthétiques et personnels liés à l'investigation scientifique des enfants.

Les blocs programmables appelés *Crickets* sont des ordinateurs qui ne sont pas beaucoup plus gros que la batterie de neuf volts qui leur transmet de l'énergie. Les Crickets de type *Blue Dot* sont ceux qui ont été utilisés pour notre expérimentation. En raison de leur petite taille, ils peuvent être utilisés dans différents contextes. À l'aide de la programmation en LOGO et de la communication par ondes infrarouges, ces petits ordinateurs peuvent contrôler des moteurs et recevoir de l'information de différents types de détecteurs (ex: son, lumière, toucher, rythme cardiaque, etc.). Ils sont munis de deux entrées pour moteurs et de deux entrées pour détecteurs (Figures 1-1 et 1-2).

7

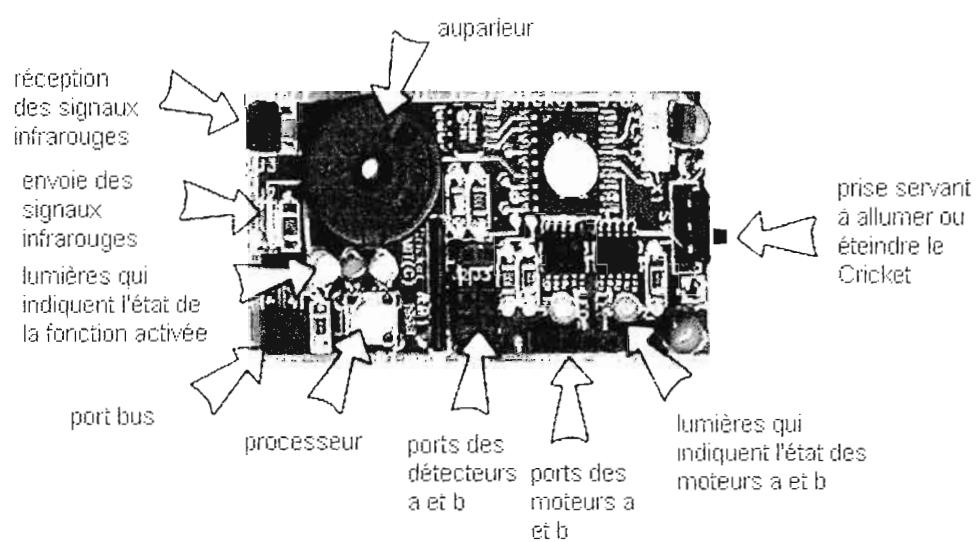


Figure 1-1 : Un Blue Dot Cricket






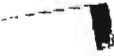

	Moteur
	Détecteur de lumière
	Détecteur tactile
	Détecteur de température
	Détecteur de reflet
	Écran digital
	Lumière

Figure 1-2 : Types de moteurs, de détecteurs et de dispositifs utilisables avec les *Blue Dot Crickets*

Des blocs LEGO et divers matériaux d'art et de bricolage peuvent servir à la construction de projets transformés en robots et d'appareils scientifiques de collecte de données. Avec l'aide de la programmation LogoBlocks, version 3.2 (Annexe A), ces outils permettent d'observer différents phénomènes de l'environnement puisque leurs détecteurs peuvent capter de l'information et ainsi permettre à leurs utilisateurs de faire de la collecte de données. De plus, ces appareils peuvent communiquer entre eux et sont programmables à distance (Resnick, Berg & Eisenberg, 1999).

Les enfants d'aujourd'hui sont beaucoup exposés à des instruments ou à des jouets de nouvelles technologies, tels que les consoles vidéos, les téléphones portables et les ordinateurs branchés sur Internet. Ces nouveautés sont souvent présentées comme étant hautement fonctionnelles et utiles. Toutefois, l'opacité de ces «boîtes noires» (*Black Box*; Resnick, Berg & Eisenberg, 1999) fait en sorte qu'il est difficile de concevoir leur fonctionnement interne ou leurs composantes. Ces appareils n'offrent pas la possibilité aux enfants de comprendre leurs mécanismes de fonctionnement. Un des buts de la création des outils technologiques manipulables tels les Crickets est de développer une meilleure compréhension de leurs rôles et de leurs modes de manipulation dans des expériences scientifiques réelles (Resnick, Eisenberg et Berg, 1999). De plus, un de leur attribut est d'offrir la possibilité de développer une diversité de projets avec un même outil (Resnick, 1998).

Le matériel technologique utilisé par les élèves ici suivis, les Crickets, était disponible au besoin; ils pouvaient se procurer des détecteurs, des moteurs et tout autre matériel pouvant servir à la construction de l'objet robotisé et à leur expérimentation. Comme les Crickets sont des appareils légers et portables, les élèves pouvaient se déplacer dans la salle de classe et sur le territoire (intérieur et extérieur) de l'école pour expérimenter. Les ordinateurs de la salle de classe, utilisés pour la programmation et l'analyse des données, étaient de la première génération d'ordinateurs *I-Mac* (MacIntosh). Un ordinateur était disponible pour chaque groupe d'élève.

2.2.3. Le déroulement de la tâche des élèves

Lors du déroulement du projet, les élèves travaillaient à construire un instrument robotisé permettant de vérifier leurs hypothèses de recherche concernant le concept scientifique de la température. Ainsi, elles devaient tout d'abord se poser une question précise quant au concept de la température. Par la suite, à l'aide du matériel technologique, elles devaient développer un outil permettant d'analyser et de

mesurer le concept sur lequel elle se penchaient. Enfin, par le biais de l'analyse des résultats de leur expérience scientifique, elles devaient tenter de répondre à leur question par écrit pour ensuite présenter leur projet sous forme d'exposé oral à tout le groupe classe.

Au début, dans la majorité des cours, les élèves avaient entre dix et quinze minutes d'enseignement semi-structuré de robotique. Lors de ces courtes périodes d'échanges, l'enseignante expliquait le nouveau contenu à ses élèves tout en leur posant des questions et en répondant aux leurs.

2.3. La collecte de données

2.3.1. Les objectifs

Tel que mentionné plus haut, la recherche consistait à observer trois élèves de la sixième année du primaire dans un environnement naturel par des techniques de collecte de données qualitatives. Les échanges verbaux entre trois élèves furent ciblés afin de pouvoir analyser la dynamique d'un groupe de travail collaboratif.

2.3.2. Le matériel de collecte de données

Deux caméras vidéo avec trépied ainsi qu'un micro ont été utilisés afin de recueillir les données. Une des caméras a servi à filmer les échanges entre les élèves, l'autre a permis de filmer la programmation des élèves exposée à l'écran de l'ordinateur.

2.3.3. Le déroulement

Le projet de recherche (Annexe B) fut présenté à la directrice de l'école et à l'enseignante de la classe expérimentale par la responsable du projet le 21 décembre 1999 (Annexe B). Une lettre de présentation du projet, une description du projet de recherche et un formulaire de consentement ont successivement été présentés aux parents (Annexe C), ainsi qu'un formulaire de consentement à l'enseignante (Annexe

D). Les formulaires ont été remis aux parents par le biais des élèves et à l'enseignante par la responsable du projet.

Les observations ont débuté le 14 janvier 2000, jour où les consentements écrits des parents et de l'enseignante ont été reçus. Elles ont pris fin le 23 avril 2000. La période de collecte de données fut d'une durée d'environ trois mois, à raison d'une session de 75 minutes d'observation par semaine. L'échantillon total du groupe représente un total de 7 heures d'enregistrement, ce qui équivaut à 450 minutes d'observation.

Aucune consigne particulière n'a été donnée au groupe d'élèves de la sixième année avant l'expérimentation. Le groupe-classe et le groupe observés ont participé aux tâches demandées par l'enseignante comme ils l'auraient fait dans un cours habituel. Toutefois, l'enseignante a présenté la chercheuse, en faisant référence aux formulaires de consentement signés par les parents (Annexe D). Elle leur a expliqué que celle-ci viendrait observer les élèves à l'aide de caméras vidéo. Lors de l'expérimentation, le groupe sélectionné pour les observations a reçu quelques consignes afin d'assurer l'exactitude de la collecte de données. Par exemple, à quelques reprises, l'expérimentatrice ou l'enseignante a demandé aux élèves de parler plus fort ou de répéter ce qu'elles venaient de dire. On leur demandait également parfois de se positionner pour être vues par la caméra. Ainsi, lors de la collecte de données, la chercheuse n'est intervenue que pour des raisons techniques.

2.4. L'analyse des données

Dans cette section, sont présentées les analyses de données effectuées : l'analyse du contenu et les analyses statistiques. Tout d'abord, une exploration globale des données a été effectuée afin de construire et de valider une grille d'analyse. Ensuite une analyse de contenu a été effectuée. Enfin, des statistiques ont été constituées à partir des données recueillies lors des observations.

2.4.1. Les modes d'analyse des verbatims

Tel que mentionné plus haut, le but de l'étude est, tout d'abord, de considérer le contexte global des données (Van der Maren, 1999) et d'effectuer, par la suite, des analyses plus précises à partir de l'élaboration d'un système de codification. Ainsi, la grille d'analyse a été construite en se basant sur des grilles antérieures qui ont porté sur les processus d'apprentissage en collaboration dans un contexte d'apprentissage des sciences et technologies (Barfurth, 1994; Cohen, 1994; Hogan, 1999; Hogan, Nastasi et Pressley; 2000, Järvinen, 1998), elle a été raffinée à partir de l'étude des données recueillies (Huberman & Miles, 1994).

Les verbalisations de chaque élève ont été analysées en considérant le contexte global de la série d'interactions (Hogan, 1999). Par la suite, le système de codification a été créé à partir d'un échantillon des échanges tiré de la totalité. La procédure consistait, tout d'abord, à déterminer les séquences d'échanges verbaux à analyser, puis les échanges des élèves étaient classés selon des épisodes de conversation. Un épisode consiste en une verbalisation initiée par un élève suivi d'une transition par un autre élève lors de la série d'interactions (Hogan, 2000). Pour chaque épisode de conversation, les données suivantes ont été recueillies: 1) le nom fictif du sujet qui a initié l'épisode; 2) le verbatim du sujet; 3) le rôle social du participant pour l'épisode; 4) le sujet de conversation lors de l'épisode. Par la suite, en décomposant les unités de discours, c'est-à-dire les unités de sens (Van der Maren, 1999), les séries d'interactions ont été identifiées et interprétées. Le Tableau 2-1 illustre un exemple d'échanges.

Tableau 2-1

Exemple de codes pour un épisode			
Sujets	Verbatim	Rôles sociaux facilitant ou inhibiteur	Sujet de conversation

A	(En regardant B) As-tu pensé que la glace fond quand tu mets tes pieds dans le pot? Comment veux-tu qu'on se fie à la température de l'eau?	Promoteur de réflexion et de connaissances	Température, manipulation et construction
B	C'est vrai, on sait que c'est toujours toi qui décide.	Promoteur de condescendance	Aucun code
A	Il faudrait plutôt mesurer la température de notre corps pour comprendre l'effet du froid!	Promoteur d'idées créatives	Température, manipulation et/ ou construction du robot

Cinq journées d'expérimentation, dont deux servant à la validation de la grille, ont été codées par la chercheure. L'échantillon d'échanges représentait 43 pages de texte en format Word totalisant 724 rôles sociaux; 955 sujets de conversation ont été codés.

2.4.2. La grille d'analyse

L'étude, de type exploratoire (Deslauriers et Kérisit, 1997), a examiné les échanges d'un groupe de trois élèves qui ont été enregistrés par des caméras. Les données principales recueillies étaient les échanges verbaux des élèves (Barfurth, 1994; Hogan, Natasi et Pressley, 2000) selon les rôles sociaux des acteurs en interaction (Cohen, 1994; Hogan, 1999a) et les sujets de conversation (Järvinen, 1998) représentant les tâches effectuées. Une microanalyse des interactions des élèves a été réalisée à l'aide d'une grille d'analyse qualitative. Voici les différentes catégories de la grille.

2.4.2.1. Les sujets de conversation

Le matériel technologique utilisé, les Crickets, et leur logiciel de programmation Logo Blocks, permettent aux élèves d'effectuer différentes tâches d'apprentissage en sciences. Dès lors, il a semblé important de définir ces tâches de travail. Puisque les filles ont souvent discuté de différentes activités de travail tout en accomplissant une tâche d'un autre ordre, comme de parler du concept de la

température en effectuant les procédures de programmation d'un robot, cette catégorie a été nommée «sujets de conversation ». Celle-ci inclut les sujets suivants :

- 1- Discussion technologique: contenu relatif aux éléments de manipulation de la technologie en lien avec le thème du projet expérimental (Järvinen, 1998).

Comme le matériel technologique permet de programmer et de manipuler les Crickets afin de construire un instrument scientifique, le sujet technologique de Järvinen (1998) a été réparti dans les trois sujets suivants :

- 1.1 La construction et/ou la manipulation de l'appareil robotisé qui inclut la main d'œuvre technique et organisationnelle.
- 1.2 La programmation avec Cricket-Logo qui comprend la programmation logique et le raisonnement nécessaire au fonctionnement de l'appareil scientifique créé par les élèves.
- 1.3 L'utilisation habituelle de l'ordinateur qui inclut les notions de base, telles que la recherche de documents dans le disque dur, l'ouverture et l'enregistrement d'un document, la manipulation du clavier, etc.
- 2- Discussion du thème scientifique: contenu consistant à comprendre et à discuter du concept scientifique étudié qui, dans ce projet éducatif, est la température et ses principes.
- 3- Hors-sujet: discussion de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif (Barfurth, 1994).

2.4.2.2. Les rôles sociaux

Les catégories de la grille d'analyse adaptée de Barfurth (1994) et Hogan (1999a) ont d'abord été divisées selon deux types de rôles sociaux: ceux qui contribuaient activement au raisonnement du groupe et ceux qui influençaient négativement ou peu le travail du groupe. Ces deux grands types ont ensuite été divisés selon les huit rôles suivants: les promoteurs de réflexion, les contributeurs de connaissances, les promoteurs d'idées créatives, les médiateurs des interactions et des idées du groupe, les promoteurs d'acrimonie, les promoteurs de distraction, les réalisateurs de tâches simples et peu songées, les réticents à participer. Le Tableau 2-2 illustre la 1^e grille d'analyse utilisée et le Tableau 2-3 illustre la 2^e grille révisée considérant les codes ajoutés et enlevés.

Tableau 2-2

1^e grille d'analyse : Catégories pour les analyses de fréquence et de comparaison des rôles facilitateurs, des rôles inhibiteurs et des sujets de conversation

Rôles qui facilitent les processus de raisonnement du groupe

RF a	Promoteur de réflexion : amène le groupe à réfléchir et à améliorer la qualité de réflexion de chacun.
RF b	Contributeur de connaissances : partage des explications ou des informations liées au sujet traité.
RF c	Promoteur d'idées créatives ou d'une nouvelle idée: propose de nouvelles idées ou des idées créatives.
RF d	Médiateurs des interactions et des idées du groupe: intervient pour concilier ou faciliter les interactions et l'échange des idées du groupe; évalue les forces et les faiblesses des actions des partenaires, aide à gérer les conflits et facilite le travail de groupe.
*RF e	Question : pose une question afin de comprendre ou de se renseigner.
*RF f	Aide : offre de l'aide à un coéquipier ou à quelqu'un d'une autre équipe de travail

Rôles qui inhibent les processus de raisonnement du groupe

RI a	Promoteur d'acrimonie : est condescendant, sarcastique, hostile, emprunte un ton de voix impatient; attaque ou abaisse les idées de l'autre.
RI b	Promoteurs de distraction : discute de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif.
RI c	Passif : ne réalise que des tâches simples ou accepte une idée peu songée; passif, démontre peu d'engagement dans les réflexions; explore peu les idées partagées et les acceptent sans les remettre en question.
RI d	Réticent à participer : hésite ou s'abstient de participer; manifeste un manque d'intérêt ou de confiance dans leurs habiletés ou leurs idées; peu disposé à s'engager dans la co-construction d'idées.

Sujets de conversation

Sujet a	La construction et/ou la manipulation de l'appareil robotisé qui inclut la main d'œuvre technique et organisationnelle.
Sujet b	Programmation : programmation avec le logiciel Cricket-Logo; comprend la programmation logique et le raisonnement nécessaire au fonctionnement de l'appareil scientifique créé par les élèves.
Sujet c	Manipulation de l'ordinateur : discussion quant à l'utilisation habituelle de l'ordinateur qui inclut les notions de base, telles que la recherche de documents dans le disque dur, l'ouverture et l'enregistrement d'un document, la manipulation du clavier, etc.
Sujet d	Température : discussion portant sur le thème scientifique la température : contenu consistant à comprendre et à discuter du concept scientifique étudié (la température) et de ses principes.
Sujet e	Hors-sujet : discussion de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif.
Sujet f	Aucun code : code non attribué à un sujet de conversation d'un élément du projet d'apprentissage; n'est pas inclus dans les sujets de conversation identifiés, mais qui est en lien avec le projet d'apprentissage.

Tableau 2.3

2e grille d'analyse : Catégories révisées et utilisées pour les analyses de fréquence et de comparaison des rôles facilitateurs, des rôles inhibiteurs et des sujets de conversation

Rôles qui facilitent les processus de raisonnement du groupe

RFa	Promoteur de réflexion : amène le groupe à réfléchir et à améliorer la qualité de réflexion de chacun.
RFb	Contributeur de connaissances : partage des explications ou des informations liées au sujet traité.
RFc	Promoteur d'idées créatives ou d'une nouvelle idée: propose de nouvelles idées ou des idées créatives, non par une simple réflexion, mais par suggestion spécifique.
RFd	Médiateurs des interactions et des idées du groupe : intervient pour concilier ou faciliter les interactions et l'échange des idées du groupe; évalue les forces et les faiblesses des actions des partenaires, aide à gérer les conflits et facilite le travail de groupe.
*RFe	Participant actif : participe activement au travail sans pour autant intervenir de manière à contribuer spécifiquement sous la forme d'un des quatre rôles facilitateurs mentionnés plus haut.

Rôles qui inhibent les processus de raisonnement du groupe

RI a	Promoteur d'acrimonie : est condescendant, sarcastique, hostile, emprunte un ton de voix impatient; attaque ou abaisse les idées de l'autre.
RI b	Promoteurs de distraction : discute de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif.
RI c	Passif : ne réalise que des tâches simples ou accepte une idée peu songée; passif, démontre peu d'engagement dans les réflexions; explore peu les idées partagées et les accepte sans les remettre en question.
RI d	Réticent à participer : hésite ou s'abstient de participer; manifeste un manque d'intérêt ou de confiance dans leurs habiletés ou leurs idées; peu disposé à s'engager dans la co-construction d'idées.

*RX	Aucun code : code non attribué à un rôle facilitant ou inhibiteur; participe mais ne fait pas partie des rôles autres défini.
-----	---

Sujets de discussion

Sujet a :	Construction : la construction et/ou la manipulation de l'appareil robotisé qui inclut la main d'œuvre technique et organisationnelle.
Sujet b :	Programmation : programmation avec le logiciel Cricket-Logo; comprend la programmation logique et le raisonnement nécessaire au fonctionnement de l'appareil scientifique créé par les élèves.
Sujet c :	Manipulation de l'ordinateur : discussion quant à l'utilisation habituelle de l'ordinateur qui inclut les notions de base, telles que la recherche de documents dans le disque dur, l'ouverture et l'enregistrement d'un document, la manipulation du clavier, etc.
Sujet d :	Température : discussion portant sur le thème scientifique la température : contenu consistant à comprendre et à discuter du concept scientifique étudié (la température) et de ses principes.
Sujet e :	Hors-sujet : discussion de sujets qui ne sont pas en lien avec le projet éducatif.
Sujet f :	Aucun code : code non attribué à un sujet de conversation d'un élément du projet d'apprentissage; n'est pas inclus dans les sujets de conversation identifiés, mais qui est en lien avec le projet d'apprentissage.

*Codes ajoutés suite au premier accord inter-juge

Voici des exemples de verbatims codés avec la grille ci dessus.

Could you stop staring?

Rôle: Condescendance

Sujet de discussion: aucun code

Are you sure it's (the document) called temperature?

Rôle : Réflexion

Sujet de discussion: manipulation de l'ordinateur

You look like (laugh) a nerd (laugh).

Rôle : Hors sujet - Distraction

Sujet de discussion: Hors tâche

No.

Rôle : peu réfléchi

Sujet de discussion : programmation

I'll go get paper towel

Rôle : Nouvelle idée / idée créative

Sujet de discussion : aucun code

Yes it is. I just stuck my hand in it.

Rôle : participant actif

Sujet de discussion: température et manipulation du robot

When is it going to beep?

Rôle: participant actif

Sujet de discussion : Programmation

Do your work GG?

Rôle : Distraction

Sujet de discussion: hors tâche

2.4.3. Les indices de fidélité

L'analyse du contenu a été complétée à partir des données provenant des interactions sociales entre les partenaires de l'équipe de travail. Le logiciel Atlas.ti a permis d'effectuer des analyses qualitatives avec lesquelles les tests non-paramétriques Kappa (k) de Cohen (1960) ont été effectués. Cette procédure a permis de mesurer le niveau d'accord entre les observations de la chercheuse et d'un contre-codeur (Po). De plus, le facteur de correction (Pc) de ce test tient compte de la possibilité d'accord du hasard et donne une mesure de valeur corrigée (k). Avant d'examiner l'appariement des jugements qualitatifs, le tableau et la formule de calcul utilisée (Bakeman et Gottman, 1997) sont présentés ci dessous.

Tableau 2.4

Cacul du coefficient de Kappa (k) pour la catégorie rôles facilitateurs

		Contre-codeur					
	Codes pour rôles facilitateurs	A	B	C	D	E	F
							Total
Codeur	1 RP a Réflexion	6	2				8
	2 RP b Connaissance		5	2			7
	3 RP c Nouvelle idée			18		2	20
	4 RP d Médiateur				16		16
	5 RP e Participe actif					33	33
	6 Total	6	7	20	16	35	84

Formule :

Po	Pourcentage brut d'accords	$= (A1+B22+C3+D4+E5)/F6$	$= 0,9286$
Pc	Facteur de correction	$= (F1*A6+F2*B6+F31*C6+F4*D6+F5*E6)/(F6*F6)$	$= 0,2704$
K	Valeur corrigée = Kappa	$= (Po+Pc)/(1-Pc)$	$= 0,9021$

Le contre-codeur a obtenu une formation et un entraînement d'environ trois heures; il est à noter que le logiciel Atlas.ti permet de voir les définitions de chaque code tout au long de la démarche de cotation. Par la suite, le premier accord inter-juge a été effectué avec 12% du total des données représentant les interactions sociales, un pourcentage jugé représentatif pour évaluer la validité de contenu d'une grille d'analyse séquentielle (Bakeman et Gottman, 1997). La journée d'observation utilisée était celle du 25 février. Ce calcul a été effectué par la chercheuse. Cependant, la valeur corrigée ($k=0,6868$) a été estimée trop faible. Conséquemment, des modifications ont été apportées à la grille. Les catégories ont été rectifiées en enlevant les codes «Question» et «Aide» de la section «Rôle sociaux». Ceci s'explique par le fait qu'elles ne permettaient pas d'obtenir des distinctions pertinentes et qu'elles n'étaient pas représentatives. De plus, la définition du code «Nouvelle idée» a été clarifiée puisque l'accord entre le codeur et le contre-codeur ne

représentait que 37,5% des 16 passages sélectionnés. Un autre changement a été apporté à la grille de cotation, l'ajout d'un code dans la section des rôles sociaux. En effet, le code «Participant actif» a été ajouté à la catégorie des rôles sociaux facilitants afin d'équilibrer, par sa contrepartie, le code «Passif» de la catégorie des rôles sociaux inhibiteurs. Le code «Aucun code» a également été utilisé pour l'analyse des rôles sociaux ainsi que des sujets de discussion afin de servir d'indicateur du sujet spécifique ou du rôle à ajouter. Enfin, plusieurs codes de la catégorie des sujets de conversation ont pu être attribués à un épisode de conversation lors de ce 2^e accord inter-juge. Il était donc possible d'attribuer à un tour de parole deux sujets de conversation. Tel qu'indiqué au Tableau 2.3, la version de la grille ajustée comprend ainsi un total de 16 codes : 10 rôles et 6 sujets.

Un second accord inter-juge a été effectué avec les observations qualitatives appariées de 12 % des données d'une autre journée d'observation, c'est-à-dire celle du 28 janvier. La fidélité inter-juge, mesurée par la chercheuse, dépassait les mesures de signification ($k = 0,9231$). Puisque cette valeur représentait un degré d'accord de niveau excellent (Landis et Kosh, 1977), cet objectif ayant été atteint, le codeur a procédé au reste de l'analyse des échanges. De plus, la chercheuse a vérifié la fidélité inter-juge de chaque regroupement de catégorie. Encore une fois, les résultats dépassaient les mesures de signification (sujets de discussion : $k = 0,9445$; rôles facilitants : $k = 0,9021$; rôles inhibiteurs : $k = 1,0000$).

2.4.4. Les analyses descriptives

À l'aide du logiciel Excel, des pourcentages ont été calculés afin d'obtenir des statistiques descriptives. Entre autres, les pourcentages suivants ont été recueillis selon le temps : la contribution de chacune des participantes, les types d'interactions, les sujets de conversation et les rôles sociaux. Ces données ont été recueillies selon le temps et selon les participantes. Elles ont permis de répondre aux deux premiers objectifs de recherche : 1) comment la participation aux échanges diffère-t-elle selon les participants, les sujets de conversation et les tâches de travail; 2) quelles sont les

distinctions et les similarités des participantes en ce qui a trait aux rôles sociaux et aux tâches de travail à travers les différents sujets de discussion? Par exemple, il a été possible de connaître le pourcentage total et hebdomadaire de la participante 1 (F1) aux conversations portant sur la manipulation du robot ainsi que son rôle social général (ex : facilitant) et celui spécifique (ex : contributeur de connaissances) à travers le temps.

2.4.5. Les analyses quantitatives

Le test de McNemar (Siegal, 1956) est une statistique non-paramétrique. Il permet de vérifier, à l'aide de mesures répétées pour variables dichotomiques, si un changement d'état binaire est statistiquement significatif. De plus, des croisements ont été établis afin de déterminer la possibilité de liens significatifs entre les différentes variables. Le tableau 2-5 sert d'exemple d'un croisement effectué avec le test McNemar. Puisqu'il ne suppose pas de forme particulière dans la distribution des données, c'est avec le logiciel Atlas.ti que les comparaisons de type séquentiel pour chaque variable ont été effectuées. Ce test statistique a été sélectionné afin de répondre au troisième objectif de recherche : y a-t-il des liens significatifs entre certains rôles sociaux et certains sujets de discussions?

Tableau 2-5

Exemple d'un croisement effectué avec le test McNemar

		Condition 2 : Variable suivie de ...	
		Sujet de conversation « programmation »	Autres sujets de conversation
Condition 1 : Variable qui précède	Rôle « médiateur »	A	B
	Autres rôles sociaux	C	D

Où :

A = rôle « médiateur » suivi du sujet de conversation « programmation »

B = rôle « médiateur » suivi de d'autres sujets de conversation que « programmation »

C = d'autres rôles sociaux que « médiateur » suivis du sujet de conversation « programmation »

D = d'autres rôles sociaux que « médiateur » suivis d'autres sujets de conversation que « programmation »

$$\chi^2 = \frac{(|B - C| - 1)^2}{1} \quad \text{avec dl} = 1$$

2.5. Les procédures déontologiques

Différentes procédures permettant de respecter les règles déontologiques liées à la recherche en psychologie ont été entamées. Les mesures déontologiques exigées par l'Ordre des psychologues du Québec (O.P.Q., 1983) et par le cadre normatif pour l'éthique de la recherche avec les êtres humains de l'Université du Québec à Montréal notamment, pour préserver l'anonymat et la confidentialité, ont été respectées. Voici ces procédures:

- La chercheure a obtenu le consentement éclairé des personnes responsables légalement des élèves participants (art.78 3; Code de déontologie de l'O.P.Q., 1983) et tout en les informant de leur droit de se retirer en tout temps du projet (art.80; Code de déontologie, O.P.Q., 1983);
- Afin de préserver l'anonymat des sujets et le caractère confidentiel des données, la chercheure a pris sous sa responsabilité de conserver, sous clé en tout temps, les formulaires de consentement qui identifient les sujets, la transcription des verbatims et des données ainsi que les bandes-vidéo (art. 7, Règlements sur la tenue de dossiers et des cabinets, O.P.Q., 1983);

- L'effacement des bandes-vidéo et la destruction des données seront effectuées cinq ans après l'expérimentation; ces informations seront maintenues confidentielles, elles seront conservées dans un lieu non accessible au public jusqu'à leur destruction (art. 8, Règlements sur la tenue de dossiers et des cabinets, O.P.Q., 1983);
- Les noms et prénoms des sujets participant à l'étude seront omis de toute publication liée à cette recherche pour préserver l'anonymat et la confidentialité.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Les résultats de cette recherche sont présentés, en premier lieu, en relation avec les objectifs généraux, puis en second lieu, avec les objectifs spécifiques de la recherche. Rappelons que l'exploration globale des données (Van der Maren, 1999) avait pour but de dégager un sens des différentes variables observées. La grille d'analyse employée dans cette recherche est principalement tirée de Hogan (2000a) et de Hogan, Nastasi et Pressley (2000). Certains concepts de Barfurth (1993) et de Järvinen (1998) ont également servi à sa conception.

3.1. Les statistiques descriptives

Des analyses de fréquences ont permis d'obtenir une description du déroulement du projet d'apprentissage des sciences des élèves. Examinons comment les rôles de participantes ainsi que les sujets de discussion reflétant leurs différentes activités de travail ont émergés à travers le temps.

Un fait important est à noter concernant le pourcentage des données recueillies par jour d'observation, les informations repêchées la journée du 4 février 2000 représentent plus de 60% du nombre total des données, soit 431 des 724 interactions (figure 3.1). Ceci s'explique par le fait que cette journée fut celle où l'enseignante est intervenue le moins auprès du groupe classe et du groupe des participantes. Les filles ont eu ainsi davantage de temps pour travailler ensemble au cours de cette journée.

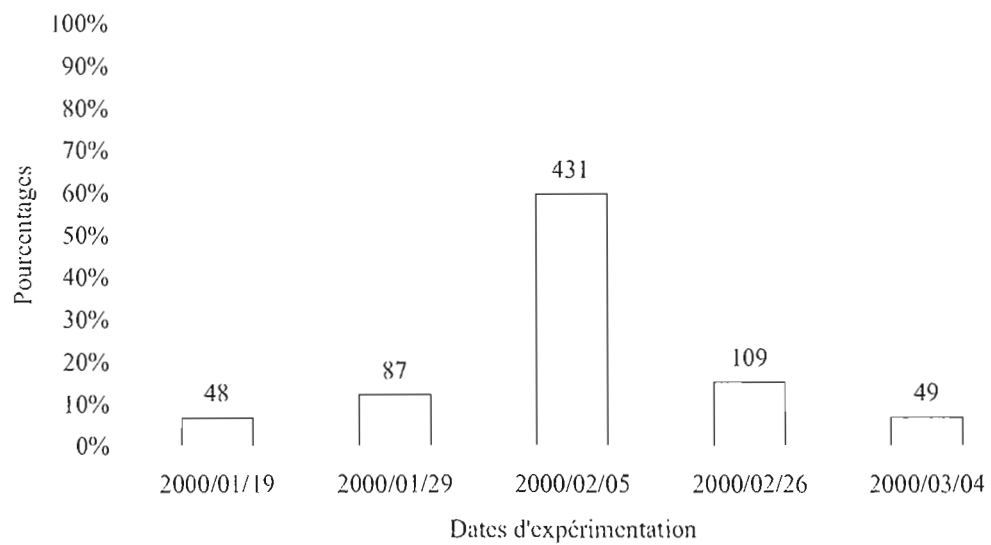


Figure 3-1 : Pourcentages et fréquences d'observations recueillies lors de chacune des jours d'observation

3.1.1. La répartition des trois types d'interactions

En examinant la répartition des interactions, on observe une forte majorité de rôles facilitateurs, comparativement aux rôles inhibiteurs et ceux ne pouvant être codés. La figure 3-2 illustre la répartition entre ces types d'interactions.

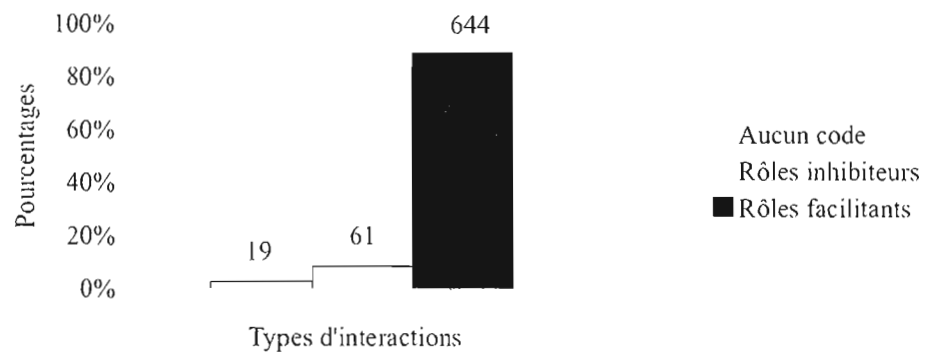


Figure 3-2 Pourcentages et fréquences de la répartition des trois types d'interactions

Ces données incitent à se questionner sur la répartition de ces rôles selon chaque participante. La figure 3-3 indique que chacune suivait la même tendance, c'est-à-dire une forme de collaboration impliquant majoritairement des rôles facilitateurs. Il appert ainsi que la participante F1 a collaboré par des rôles facilitateurs, dans 95% de ses interactions et qu'il existe une différence importante de la contribution de type «rôle inhibiteur» entre les interactions des participantes F2 et F3 et celles de F1.

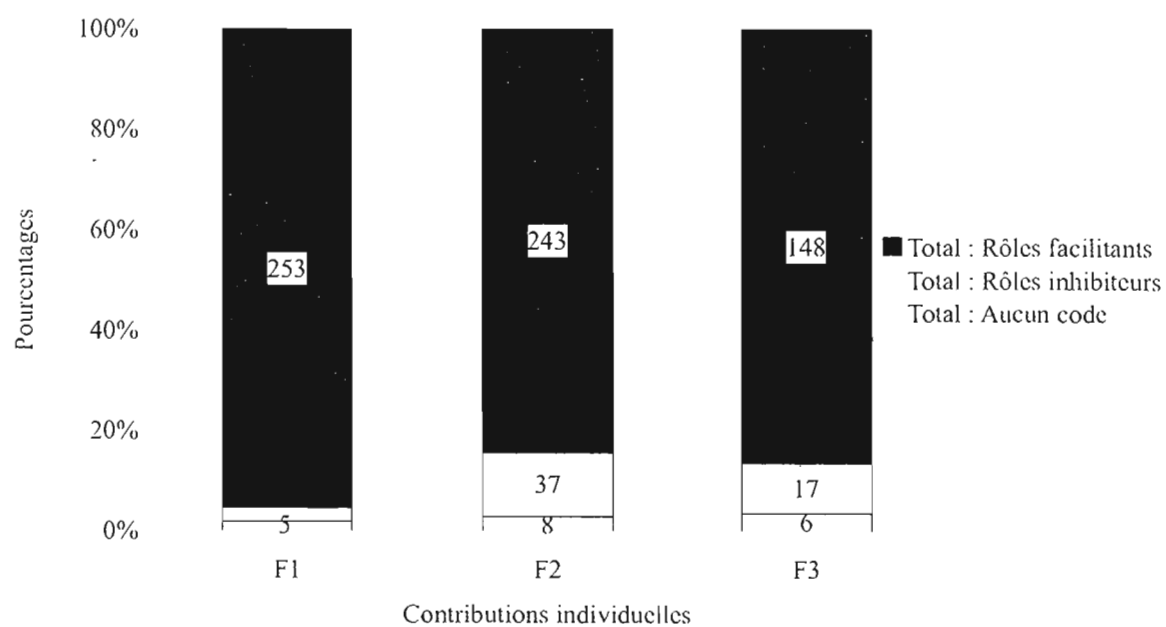


Figure 3-3 : Répartition des types d'interactions selon les participantes

Par ailleurs, les figures 3-4 et 3-5 relatent que ces types d'interactions varient selon le temps. En effet, il y a plus d'interactions inhibitrices dans les dernières journées d'observation. Toutefois, cette caractéristique n'est pas uniformément distribuée dans le temps.

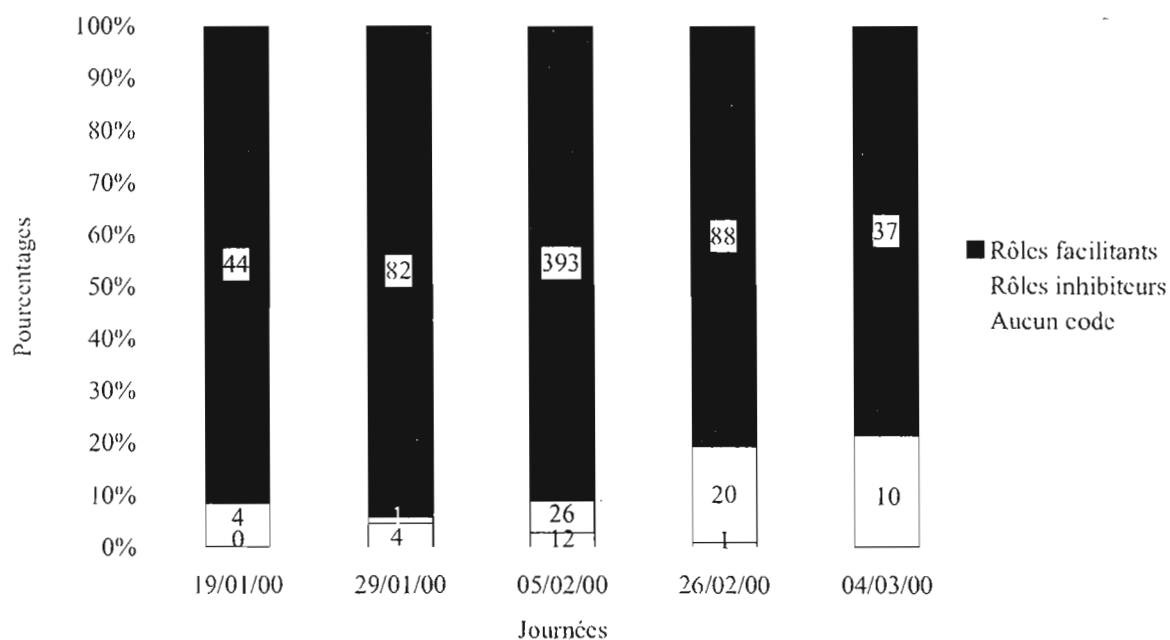


Figure 3-4 : Pourcentages et fréquences des types d'interactions selon les journées d'observation

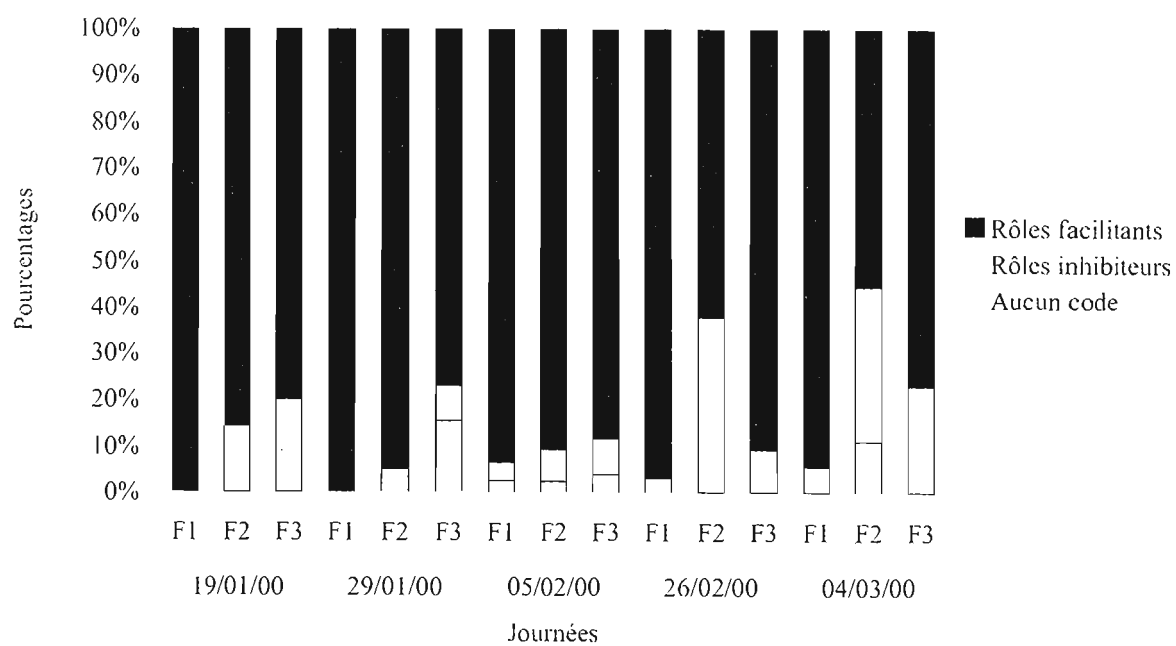


Figure 3-5 Contribution des participantes selon les trois types d'interactions réparties selon les journées

3.1.1.1. L'émergence des rôles sociaux facilitants

La figure 3-6 indique que parmi les rôles sociaux facilitants, ceux de «participation active» (26%) et de «réflexion» (23%) prédominent. La figure 3-7 montre que cet ordre d'importance se maintient la plupart du temps. Toutefois, on ne retrouve qu'une mince différence entre ces deux rôles et ceux de «médiateur» (20%) et de «nouvelle idée» (21%).

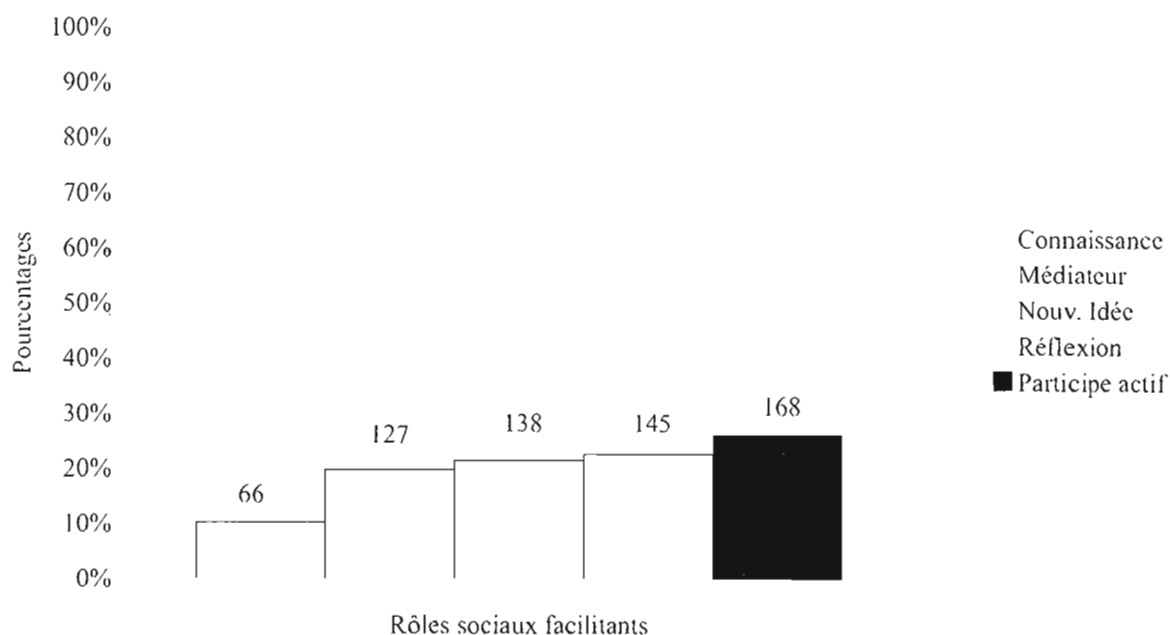


Figure 3-6 : Répartition totale des rôles sociaux facilitants

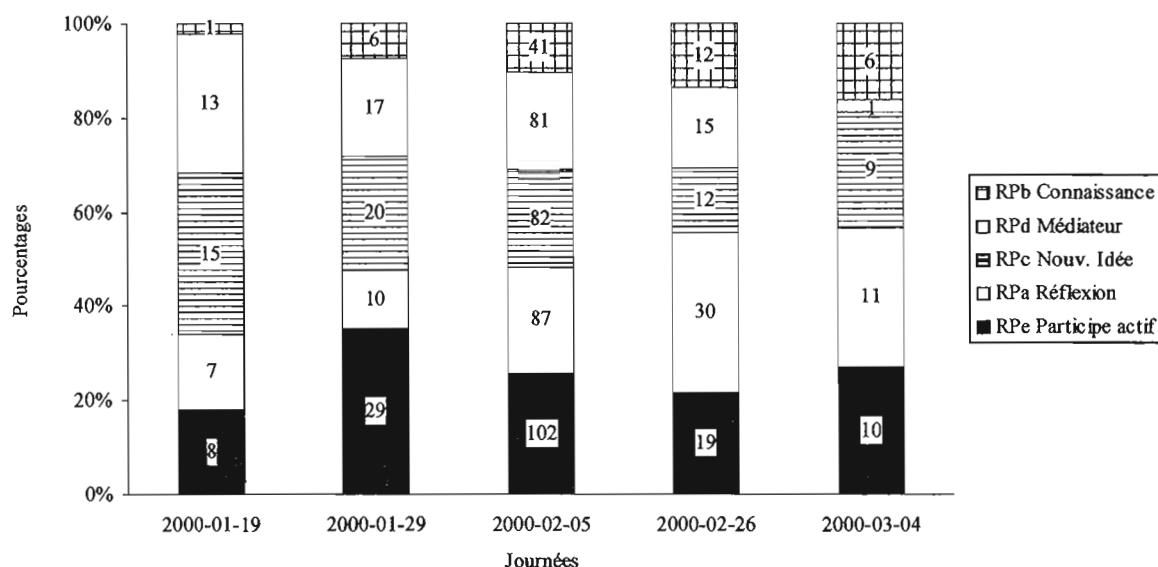


Figure 3-7 : Répartition des rôles sociaux facilitants selon les journées

La comparaison, à partir de la figure 3-8, des rôles sociaux facilitants selon les participantes, permet de faire quelques constatations. Tout d'abord, la participante F1 a pris part activement à quatre des cinq rôles facilitant dans des proportions de 20% à 26%, pour plus de 90% du total de ses interactions. Toutefois, elle a moins participé dans son rôle de «contributeur de connaissances». Pour ce qui est de la participation de la participante F2, ses plus grands apports ont pris la forme de «participation active» et de «médiatrice». Tout comme la participante F1, elle a moins joué le rôle de «contributeur de connaissances». Enfin, la participante F3 est celle qui a davantage interagi de manière à partager ses connaissances et celle qui a le moins joué le rôle de «médiatrice» dans l'équipe collaborative.

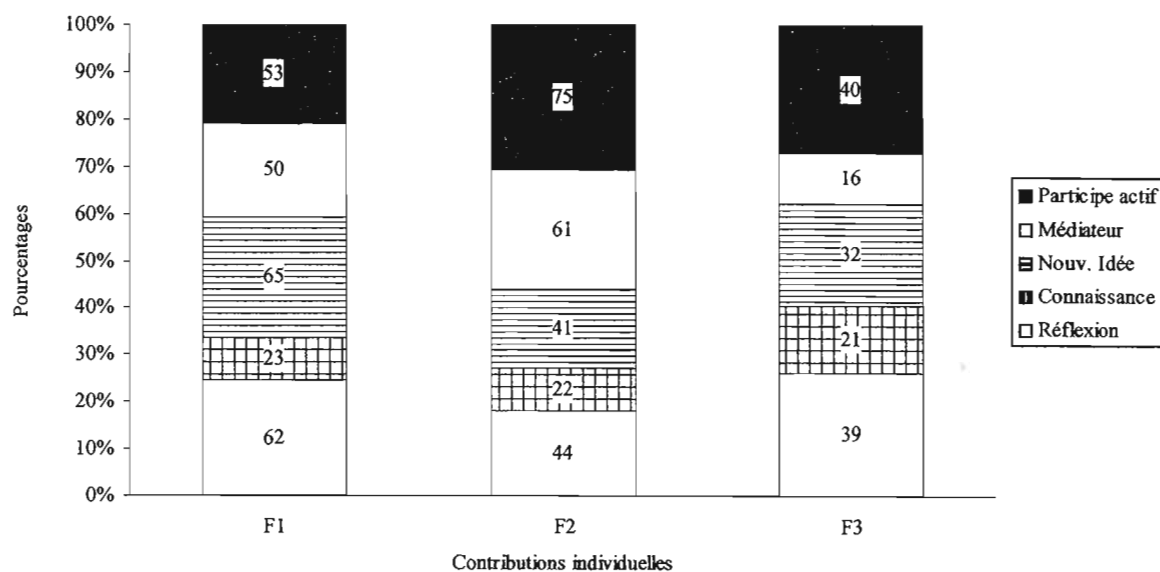


Figure 3-8 : Émergence des rôles sociaux facilitants selon chaque participante

3.1.1.2. L'émergence des rôles sociaux inhibiteurs

Tel que mentionné plus haut, les rôles inhibiteurs ne comptaient que pour 8% du total des interactions (figure 3-2). Selon la figure 3-9, le rôle «passif» est le plus important des rôles inhibiteurs, mais sa répartition varie à travers le temps (figure 3-10).

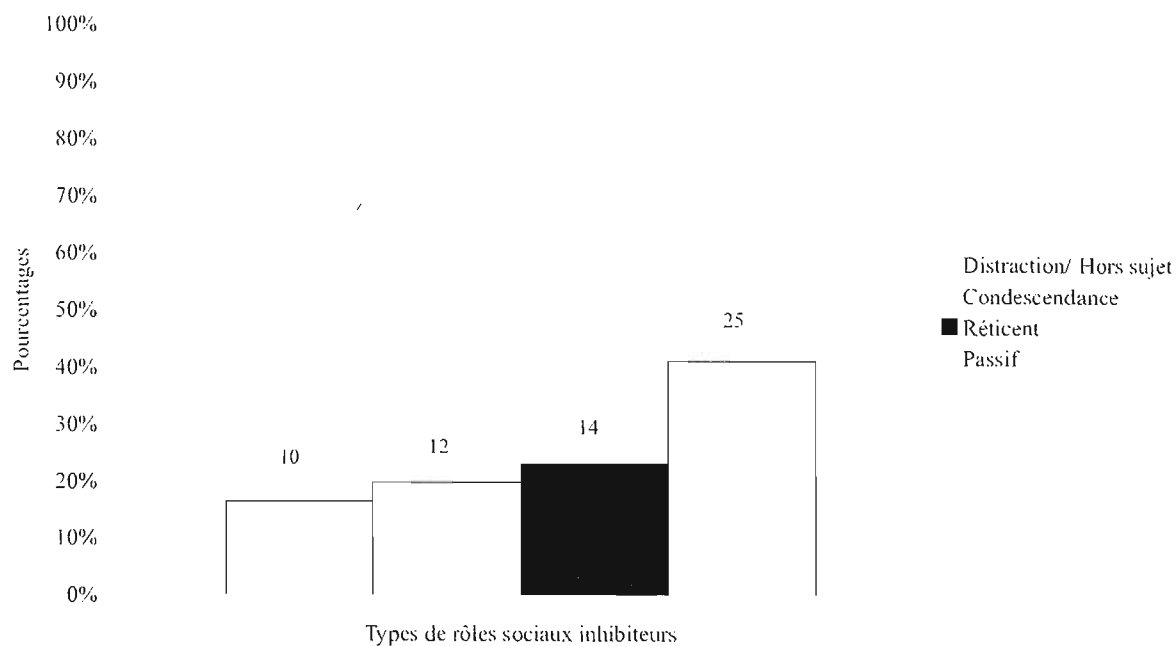


Figure 3-9 Répartition totale des rôles sociaux inhibiteurs

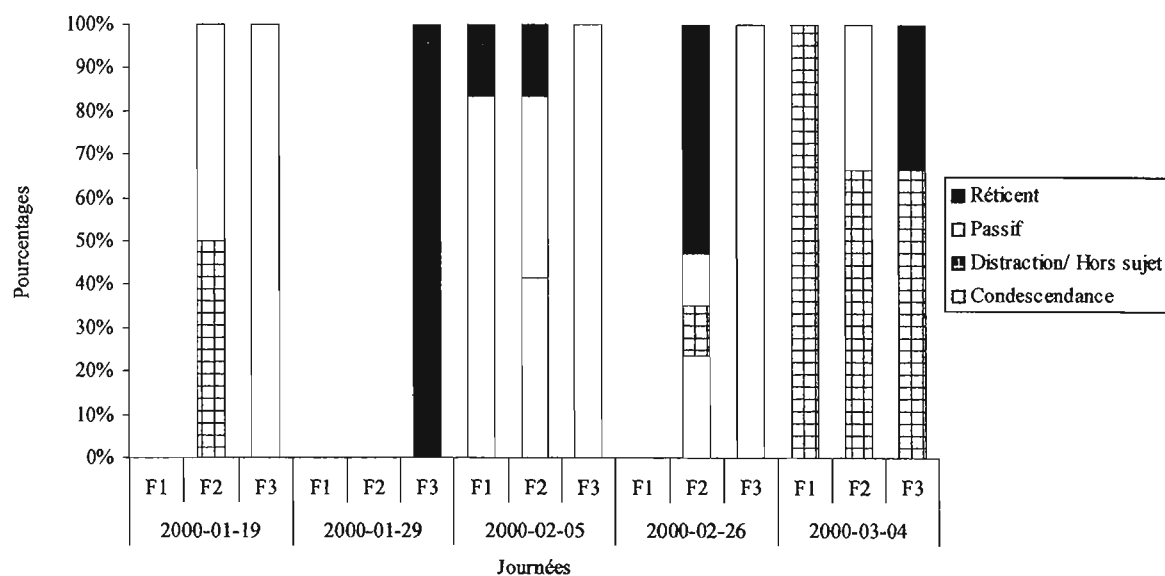


Figure 3-10 Répartition des rôles sociaux inhibiteurs selon les journées

En examinant les contributions individuelles des participantes à la figure 3-11, on observe des tendances dans la distribution des rôles inhibiteurs. Ainsi, la participante F1 a manifesté son rôle inhibiteur surtout par un rôle passif. Notons qu'elle est la seule à ne pas avoir démontré de condescendance. Pour sa part, la participante F2 a davantage contribué au travail de groupe par l'utilisation des différents rôles inhibiteurs. Enfin le rôle inhibiteur de la participante F3 a surtout été teinté par le rôle passif.

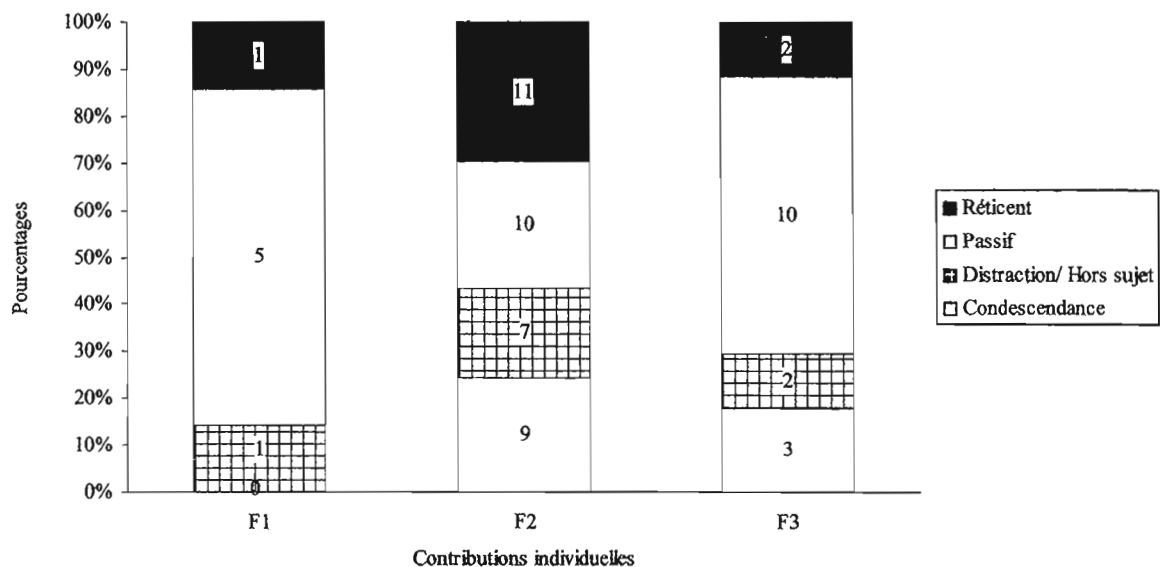


Figure 3-11 Répartition des rôles inhibiteurs selon chaque participante

3.1.1.3 Répartition des sujets de conversation

Le portrait global du sujet de conversation le plus important «manipulation du robot» compte pour 38% du total (figure 3-12). La «programmation du logiciel», sujet en deuxième importance, totalise 28%, suivi du «concept de la température» à 19%, c'est-à-dire le sujet scientifique exploré par les participantes. Rappelons que plusieurs sujets de discussion pouvaient être codés dans un même tour de parole.

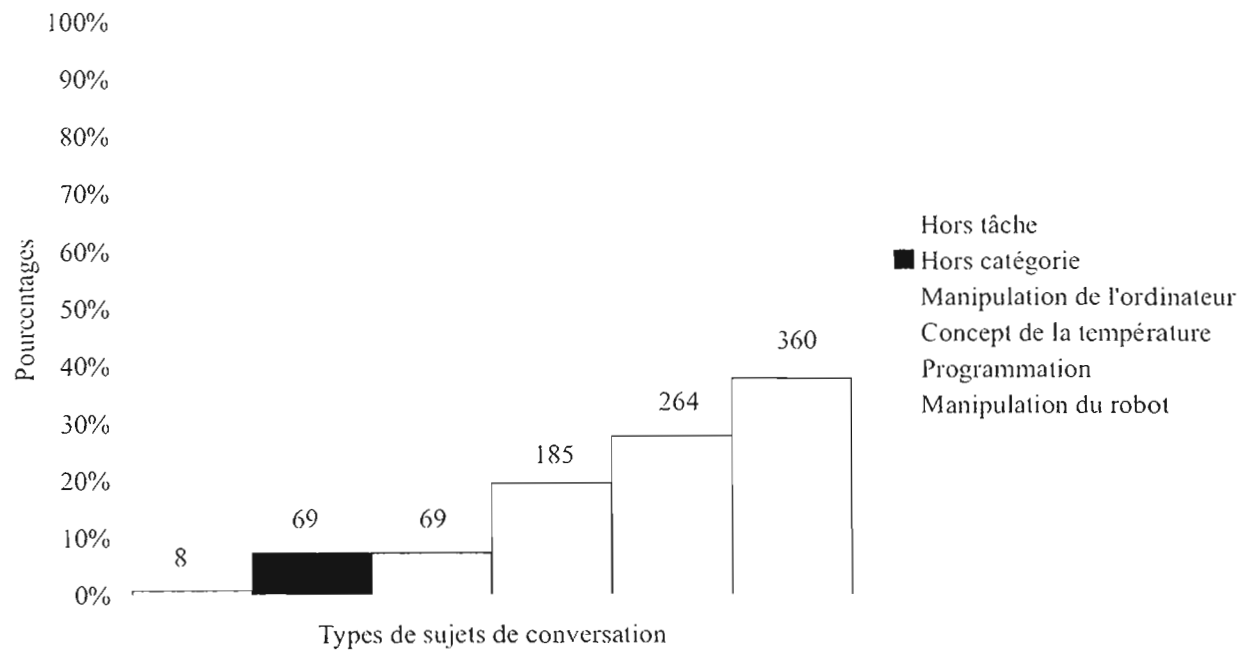


Figure 3-12 : Pourcentage de chacun des types de sujets de conversation

La description temporelle des données dans la figure 3-13 révèle que la «manipulation du robot» est le sujet de conversation auquel les participantes ont consacré le plus de temps à travers le projet d'apprentissage collaboratif, et ce, à raison d'au moins 30% des conversations journalières. De plus, il semble que l'importance globale des discussions portant sur la programmation fut grandement influencée par la journée du 4 février où les participantes ont discuté de ce sujet pendant plus de 40% du temps.

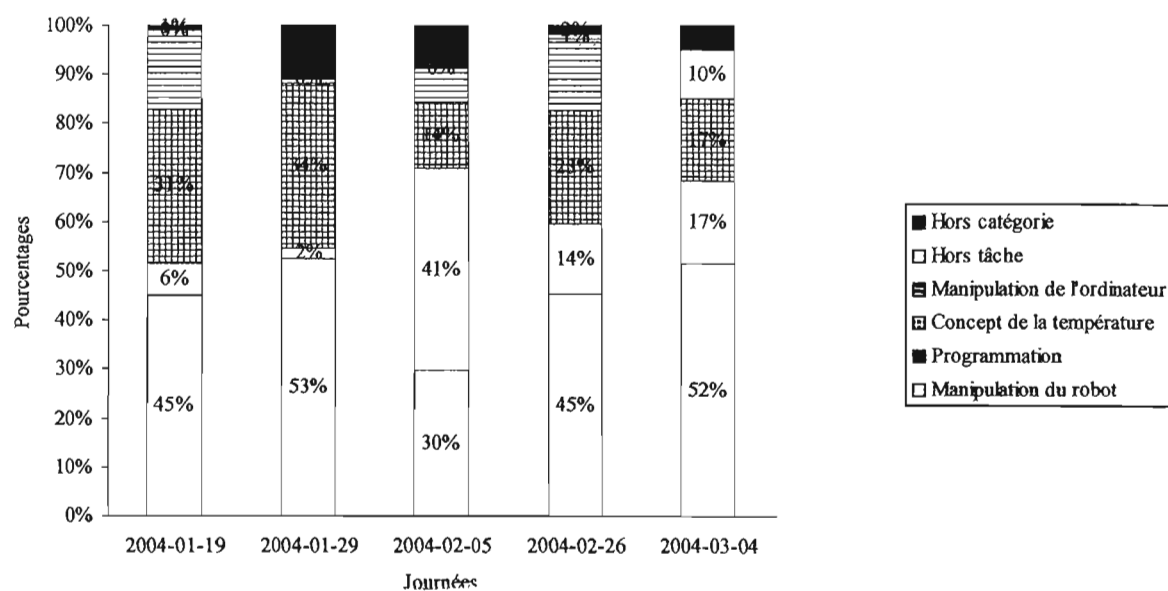


Figure 3-13 : Pourcentages de chacun des types de sujets de conversation selon les journées

La variation des sujets de discussion entre les participantes est plutôt semblable. D'ailleurs, chacune a davantage pris part aux discussions portant sur la manipulation du matériel robotique et la programmation qu'aux autres sujets de discussion (figure 3-14). Toutefois, leurs contributions personnelles varient. Les données relatent que la participante F1 a considérablement contribué aux discussions portant sur la robotique. D'autre part, le profil des conversations de la participante F2 indique qu'elle a discuté des deux sujets les plus abordés lors du projet de façon proportionnelle, soit la manipulation du robot et la programmation. Enfin, la participante F3 a eu la contribution la plus semblable au portrait global des participantes, c'est-à-dire la «manipulation du robot» en première importance, suivi de la «programmation».

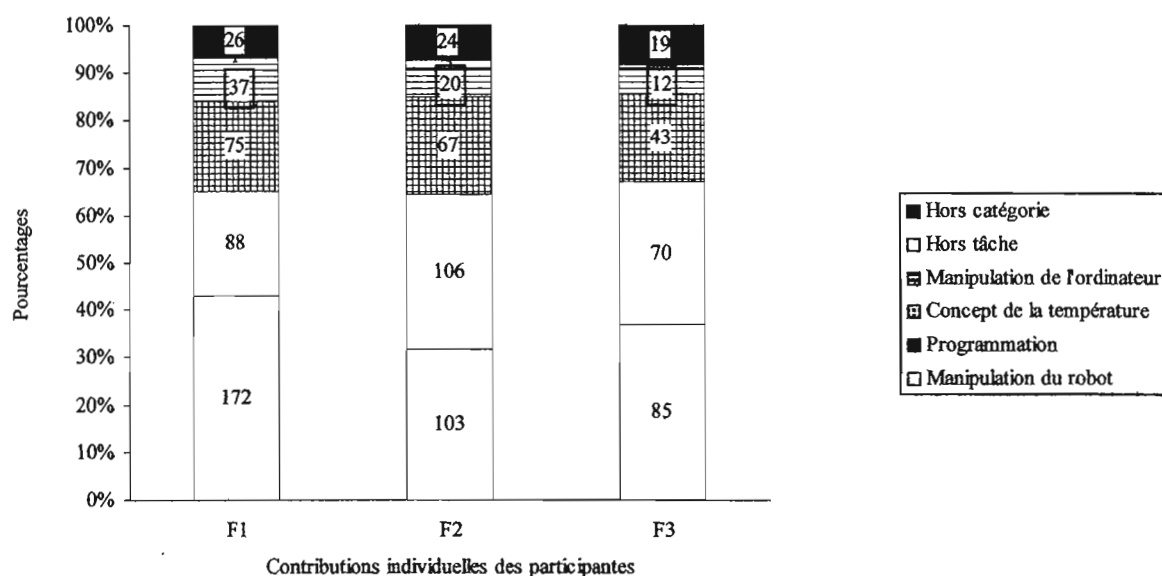


Figure 3-14 : Pourcentages de chacun des types de sujets de conversation selon chaque participante

3.1.2 Le portrait de chaque participante

Tel que mentionné plus haut, la figure 3-5 indique que parmi les rôles sociaux facilitateurs, celui de «participation active», suivi de la «réflexion», les plus

prédominants, se maintiennent à travers le temps (figure 3-6). Un regard sur la répartition types des rôles sociaux facilitants selon les participantes à la figure 3-8 permet d'effectuer certaines constatations générales. La participante F1 a pris part à quatre des cinq rôles facilitants dans un rapport de plus de 90% du total de ses interactions, mais n'a contribué aux connaissances que dans 9% de ses interactions. Par ailleurs, elle a participé à plus d'échanges portant sur la robotique comparativement aux autres sujets de conversation. Pour sa part, les interactions de la participante F2 ont avant tout pris la forme de «participation active» (31%) et de «médiatrice» (25%) et peu sous le mode de «contributeur de connaissances» (9%). Elle a davantage participé aux conversations portant sur la programmation (33%) et, en seconde importance, sur la manipulation robotique (32%). Enfin, comparativement à ses coéquipières, la participante F3 a particulièrement contribué au travail de groupe par l'apport de connaissances (14%). Sa participation était répartie de façon relativement égale entre les rôles facilitants de «participation active» (27%), «réflexion» (26%) et «nouvelle idée» (22%). Ce sont la «manipulation du robot» (37%) et la «programmation» (30%) qui semblent avoir davantage incité sa participation.

3.1.3 Les liens entre un rôle facilitant suivi d'un sujet de conversation

Les résultats obtenus au tableau 3-3 suite aux analyses ne permettent pas d'établir de lien significatif entre aucun des quatre rôles facilitants suivi du sujet de conversation température. On retrouve toutefois des liens significatifs entre chacun des croisements des quatre rôles facilitants et les deux autres sujets de discussion, manipulation du robot et programmation.

Tableau 3-1

*Croisements entre les rôles sociaux facilitants suivis des sujets de conversation
selon le test de McNemar*

Croisements	<i>dl</i>	χ^2	<i>p</i>
"réflexion" suivi de "manipulation du robot"	1	26,21	< 0,01
"réflexion" suivi de "programmation"	1	19,38	< 0,01
"réflexion" suivi de "température"	1	0,09	0,76
"nouvelle idée" suivi de "manipulation du robot"	1	32,45	< 0,01
"nouvelle idée" suivi de "programmation"	1	22,37	< 0,01
"nouvelle idée" suivi de "température"	1	0,44	0,51
"médiateur" suivi de "manipulation du robot"	1	41,29	< 0,01
"médiateur" suivi de "programmation"	1	28,34	< 0,01
"médiateur" suivi de "température"	1	2,50	0,11
"participation active" suivi de "manipulation du robot"	1	20,19	< 0,01
"participation active" suivi de "programmation"	1	14,10	< 0,01
"participation active" suivi de "température"	1	0,05	0,82

3.1.4 Les liens entre un rôle inhibiteur et suivi d'un sujet de conversation

On retrouve des liens significatifs entre les trois rôles inhibiteurs et chacun des sujets de conversation analysés. De ce fait, on ne peut dire qu'un rôle négatif particulier influence davantage un sujet de conversation qu'un autre.

Tableau 3-2

Croisements entre les rôles sociaux inhibiteurs suivis des sujets de conversation selon le test de McNemar

Croisements	<i>dl</i>	χ^2	<i>p</i>
"aucun code" suivi de "manipulation du robot"	1	211,97	< 0,01
"aucun code" suivi de "programmation"	1	191,76	< 0,01
"aucun code" suivi de "température"	1	128,62	< 0,01
"condescendance" suivi de "manipulation du robot"	1	232,34	< 0,01
"condescendance" suivi de "programmation"	1	216,43	< 0,01
"condescendance" suivi de "température"	1	141,86	< 0,01
"passivité" suivi de "manipulation du robot"	1	195,83	< 0,01
"passivité" suivi de "programmation"	1	183,06	< 0,01
"passivité" suivi de "température"	1	112,55	< 0,01
"réticence" suivi de "manipulation du robot"	1	245,45	< 0,01
"réticence" suivi de "programmation"	1	225,88	< 0,01
"réticence" suivi de "température"	1	161,28	< 0,01

3.1.5 Les liens entre les sujets de conversation et les rôles sociaux

En ce qui a trait à l'influence des sujets de conversation, le tableau 3-5 révèle que plusieurs comparaisons ont des liens significatifs. Néanmoins, on constate que le sujet de discussion température est celui qui génère le moins de liens significatifs avec un rôle social facilitant. Les codes ainsi éliminés sont les suivants : rôle de «contributeur de connaissances», rôle de «procureur de distraction», sujet de

discussion «manipulation de l'ordinateur», sujet « hors tâche» et le sujet de conversation «aucun code».

Tableau 3-3

Croisements entre les sujets de conversation suivis des rôles sociaux selon le test de McNemar

Croisements	<i>dl</i>	χ^2	<i>p</i>
«manipulation du robot» suivi de «aucun code»	1	273,24	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «condescendance»	1	272,67	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «passivité»	1	233,49	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «réticence»	1	292,39	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «réflexion»	1	54,68	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «nouvelle idée»	1	66,67	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «médiateur»	1	71,72	< 0,01
«manipulation du robot» suivi de «participation active»	1	26,84	< 0,01
«programmation» suivi de «aucun code»	1	203,55	< 0,01
«programmation» suivi de «condescendance»	1	192,36	< 0,01
«programmation» suivi de «passivité»	1	165,33	< 0,01
«programmation» suivi de «réticence»	1	211,56	< 0,01
«programmation» suivi de «réflexion»	1	20,13	< 0,01
«programmation» suivi de «nouvelle idée»	1	27,39	< 0,01
«programmation» suivi de «médiateur»	1	29,33	< 0,01
«programmation» suivi de «participation active»	1	3,82	0,05
«température» suivi de «aucun code»	1	162,98	< 0,01
«température» suivi de «condescendance»	1	150,28	< 0,01
«température» suivi de «passivité»	1	123,75	< 0,01
«température» suivi de «réticence»	1	169,48	< 0,01
«température» suivi de «réflexion»	1	2,99	0,08
«température» suivi de «nouvelle idée»	1	6,08	0,01
«température» suivi de «médiateur»	1	9,49	< 0,01
«température» suivi de «participation active»	1	0,31	0,58

Les liens significatifs entre les participantes révèlent qu'elles s'influencent à tour de rôle à l'exception de la participante F2 qui ne semble pas avoir d'influence significative sur la participante F1 (Tableau 3-4).

Tableau 3-4

Croisements entre les participantes F1, F2 et F3 selon le test de McNemar

Croisements	<i>dl</i>	χ^2	<i>p</i>
F1 suivie de F3	1	14,18	< 0,005
F1 suivie de F2	1	1,66	= 0,20
F2 suivie de F1	1	4,62	= 0,03
F2 suivie de F3	1	29,67	< 0,005
F3 suivie de F1	1	17,19	< 0,005
F3 suivie de F2	1	35,25	< 0,005

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Le présent chapitre contient trois sections où nous allons tour à tour discuter : (1) les points saillants de l'étude, 2) le parallèle entre les résultats et la littérature ainsi que des apports de l'étude et 3) les considérations méthodologiques propres à cette recherche.

4.1. Les points saillants de l'étude

L'objectif de la présente étude avait pour but de d'examiner l'émergence naturelle des rôles sociaux d'une équipe de trois élèves travaillant à travers des tâches variées d'apprentissage tel que suggéré par Hogan (1999a). Les résultats permettent de définir certaines caractéristiques de l'équipe de travail collaboratif et de dégager des liens entre les rôles sociaux et les sujets de discussion des apprenants.

4.1.1. La participation globale

Si la participation globale d'une équipe collaborative peut varier selon le temps, elle peut aussi prendre des formes particulières selon chaque coéquipier. À cet égard, les résultats révèlent que chacune des filles a apporté une contribution unique au travail collaboratif.

4.1.2. Les rôles sociaux

En effet, la participante F2 est la fille qui a globalement le plus contribué à la «Réflexion» auprès de l'équipe collaborative même si ce rôle social n'a pas été significativement représentatif après du groupe collaboratif. Par ailleurs, les interactions de F1 ont ceci de distinctif qu'elles ont varié entre les quatre rôles facilitateurs les plus proéminents. Enfin la participante ayant le plus collaboré par le biais du rôle de «Contributeur de connaissances» à travers ses interactions (F3) est celle qui avait le moins d'expérience avec le matériel robotique et la programmation Logo (Tableau 2-1) de l'équipe. Il va sans dire que chaque fille est parvenue à

contribuer au travail collaboratif de manière distincte, et ce, malgré le peu d'expérience d'une des trois élèves avec le matériel robotique.

Par ailleurs, nous avons constaté que la forme de collaboration sociale diffère selon les tâches de travail. Si les rôles sociaux facilitants ont été observés à raison de 89% dans les interactions, on constate que l'équipe collaborative a davantage tiré profit du rôle «Participant actif». Deux hypothèses sous-jacentes découlent de ces résultats. En premier lieu, rappelons-nous que le rôle de «Médiateur» comptait pour 20% de la proportion des rôles sociaux. De plus, il était significativement corrélé à deux des trois sujets de conversation dont la manipulation du robot et la programmation du logiciel informatique. Or, dû à son attribut de facilitant, il est possible que son importance ait favorisé des interactions positives dans le groupe. Notons que ce rôle correspondait à 30% en début d'expérimentation et qu'il a diminué à 3% à la fin du projet éducatif. Il est possible de croire que plus le temps avançait, plus les élèves apprenaient à travailler ensemble, moins la médiation était nécessaire. En deuxième lieu, le rôle de «Participant actif» était celui qui avait une définition plus large. Ce code décrit plusieurs types d'interactions qu'un autre code comme celui de «Nouvelle idée» qui a une définition plus spécifique.

4.1.3. Les sujets de conversation

Rappelons le thème « sujet de conversation » a été utilisé pour désigner quelle tâche de travail était discutée lors de l'épisode. Tel que mentionné plus haut, la «manipulation du robot» est le sujet de conversation auquel les participantes ont consacré le plus de temps (30% des échanges). Globalement, la variation des sujets de discussion entre les participantes était semblable. D'ailleurs, chacune a davantage pris part aux discussions portant sur la manipulation du matériel robotique et la programmation qu'aux autres sujets de discussion. Ces deux sujets ont des aspects plus appliqués que le sujet de conversation «Température» et sont donc possiblement plus facilement discutables en groupe. Il serait aussi possible de croire qu'il était plus

facile pour les participantes d'échanger quant à des sujets de conversation.
Examinons cette hypothèse par l'analyse des liens significatifs entre des variables.

4.1.4. Les liens significatifs

4.1.4.1. Les liens entre les sujets de conversation et les rôles sociaux

Tel que présenté à la Figure 3-5, plusieurs comparaisons ont des liens significatifs. Néanmoins, le sujet de discussion «température» est celui génère le moins de liens significatifs avec un rôle social facilitant. Est-ce-dire que ce sujet demeure abstrait pour les élèves s'il n'est pas accompagné d'une action concrète telle que la manipulation du robot ou la programmation?

4.2. Les liens avec la littérature scientifique

4.2.1. Le Constructivisme et la manipulation du matériel

Le modèle constructiviste favorise l'acquisition des connaissances des apprenants à partir de la manipulation d'objets sur lesquels l'élève réfléchit. Les résultats obtenus suite aux analyses permettent d'établir des liens significatifs entre certains des rôles facilitants et les sujets de conversation liés à une tâche concrète, c'est-à-dire la programmation du logiciel et la manipulation du matériel robotique. Certes, il n'est pas étonnant que les analyses ne permettent pas d'établir de lien significatif entre les croisements des quatre rôles facilitants suivi du sujet de conversation «Température». Il est possible de croire que la programmation du logiciel et le maniement de la robotique semblent avoir soutenu les apprentissages en procurant une rétroaction favorisant la compréhension de phénomène scientifique étudié, soit la température. Or, il appert que le matériel technologique ait servi d'*objet-pour-penser* (Papert, 1980). En effet, par la programmation de l'ordinateur, la cueillette et l'analyse de données ainsi que la manipulation du robot, l'apprenant s'efforce d'explorer et de développer une pensée critique du sujet en question (Resnick, 1998). Le phénomène de l'interactivité représente un avantage certain des technologies utilisées en éducation (MEQ, 2000). Ainsi, le feedback reçu grâce au

matériel manipulable est un élément favorable dans le choix d'outils d'apprentissage (Druin, 2002; Druin et Fast, 2002; Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996; Kafai, 2002; Resnick, 1998; Soloway et al., 1999; Scaife et al., 1997 et Winterhoff et Hogan, 1996).

4.2.2. Des données réelles pour de réels chercheurs

Notre étude montre bien que l'enseignement pourrait être plus stimulant lorsqu'il part de problèmes concrets de la vie quotidienne. Sans compter son aspect interactif, l'outil d'apprentissage utilisé a considéré les besoins d'apprentissage de concepts scientifiques à partir de données brutes, c'est-à-dire des informations provenant d'expérimentations scientifiques réelles, tel que relaté dans les recommandations de McMillan Culp et al. (1999). De plus, les possibilités de simulation, de manipulation, d'accès et de jonction rapide entre les données (programmation, manipulation du robot, analyses des résultats liée au concept de la température) sont des facteurs, qui ont contribué à la variété et à la richesse des interactions. Les résultats de la présente recherche soutiennent ainsi les constats d'une revue documentaire québécoise sur l'apport des NTIC à l'apprentissage (Grégoire, Bracewell et Laferrière, 1996) qui ont identifié comme facteurs favorables à l'assimilation et l'intégration des apprentissages par les NTIC, les possibilités de simulation, manipulation virtuelle, permettant une jonction rapide entre des données très variées et représentation graphique.

4.2.3. La variété des interactions

Dans le chapitre précédent, un portrait individuel et unique des contributions de chacune des trois participantes a été dégagé. Il s'est aussi avéré pertinent d'examiner la variété des interactions lors du travail collaboratif des participantes. Cette variété s'est révélé être une des richesses des échanges. Étant majoritairement positifs, ils évoquaient la présence globale de quatre rôles facilitants répartis entre 20% et 26% (Figure 4.5). La variété des types d'interactions semble répondre à ce

que préconise l'apprentissage collaboratif, c'est-à-dire le partage de divers modes de pensée et visions de l'apprenant dans le but de faire valoir la richesse de la dynamique du travail de groupe et la complexité des processus d'apprentissage qui en découlent (Henri et Lundgren-Cayrol, 2001).

4.2.4. La variété des rôles sociaux

Somme toute, l'apprentissage collaboratif privilégie le partage de divers modes de pensée et de visions de l'apprenant. Ce mode d'enseignement vise à faire valoir la richesse de la dynamique du travail de groupe et la complexité des processus d'apprentissage qui en découlent. Or, la variété retrouvée dans les différents rôles et les sujets abordés correspond bien à la richesse des éléments qui est préconisée par ce mode d'apprentissage. Elle répond aussi aux objectifs des créateurs du matériel robotique en question. En effet, Resnick (1988, p.156) a souligné clairement l'importance de la diversité dans les environnements d'apprentissages *constructionistes* : « What led to such a flourishing of personal meaningful projects? The answer, I believe, revolves around the idea of diversity. The environment in our LEGO/Logo workshops encouraged and promoted diversity in several ways. The environment encouraged a diversity of projects themes, a diversity of working styles, and a diversity of entry paths ».

Afin de favoriser d'illustrer la complexité des rôles sociaux, le code « participant actif » aurait pu être divisé en deux formes de participation facilitante, soit de partager un « accord » ou un « désaccord » (Barfurth, 1994). De plus, il aurait été intéressant de comparer les rôles sociaux entre eux, afin de déterminer si les rôles facilitateurs et inhibiteurs étaient corrélés significativement. Plus précisément, ajouter un code représentant le désaccord comme rôle sociocognitif facilitant (s'opposer *socialement* à une idée tout en contribuant *cognitivement* de manière constructive au travail collaboratif) aurait permis une comparaison entre la présente étude et celle de

Barfurth (1994). Cette recherche illustre que les désaccords entre élèves s'avèrent fréquemment des précurseurs d'échanges constructifs.

4.2.5 Les liens entre la variété des rôles sociaux et les sujets de conversation

Tel que mentionné plus haut, Hogan (1999d) a observé une relation entre les rôles sociaux, les perspectives individuelles des élèves et le niveau de raisonnement cognitif du groupe d'apprentissage collaboratif. Son analyse a aussi révélé que les rôles sociaux identifiés chez chaque élève se maintenaient à travers le temps. Pour les recherches futures, elle leur suggère d'examiner comment le rôle social d'un élève dans une équipe de travail se transforme à travers différentes activités d'apprentissage. En réponse à cette question, la présente étude témoigne toutefois des résultats faisant part de variabilité des rôles sociaux des apprenants (Figures 3-6 et 3-9). Ses résultats divergents s'expliquent par la nature et la diversité des tâches effectuées par les élèves. En effet, le matériel technologique utilisé, les Crickets, et leur logiciel de programmation Logo Blocks, a comme attribut de permettre d'effectuer différentes tâches d'apprentissage en sciences. Il semble que la diversité des tâches de travail ait permis aux élèves d'interagir différemment, tel que rapporté par l'étude de Chevrier et al. (2000). Ce qui laisse croire que l'environnement d'apprentissage de type Logo faciliterait le partage d'expertise entre les élèves qui sont plus à l'aise avec la programmation et ceux qui sont plus à l'aise avec les concepts mathématiques et scientifiques (Maverech et Kramarski, 1993). Dans la présente étude, l'expertise aurait pu être vue comme la contribution d'un rôle tel que l'apport de « nouvelle idée » ou d'une « réflexion » en programmation ou en construction. Enfin, il ne fait aucun doute que l'environnement de type interactif Logo a pour effet de susciter des échanges entre les membres d'un groupe (Nastasi, Clements et Battista, 1990) en plus de développer un mode de pensée pluraliste (Resnick, 1998).

4.2.5. Les besoins des filles

Certaines personnes s'identifient davantage à un mode d'apprentissage dit «intégré», comparativement à un mode d'apprentissage «déconnecté»⁸, c'est-à-dire permettant de relier leurs idées et leurs expériences personnelles à celles des autres, rendant leur apprentissage plus important et significatif (Lirette-Pitre et Mujawamariya, 2005). Les filles, comparativement aux garçons, sont reconnues pour construire des artefacts ayant des propriétés dites humaines ou qui visent à solutionner un problème concret de la vie réelle (Honey et al., 1991). Il semble que matériel Cricket-Logo utilisé dans la présente étude respectait les intérêts particuliers des participantes. À cet égard, cette technologie robotique représente une initiative pédagogique intégrant les technologies d'information et de la communication visant à rendre les sciences et l'informatique plus attrayantes pour les filles par son ouverture à la diversité et par l'accès qu'elle donne au mode d'apprentissage intégré. Heureusement, plusieurs projets éducatifs et associations⁹ font la promotion active de l'inclusion des femmes dans le domaine des sciences, des mathématiques, de l'ingénierie et des nouvelles technologies. Comme les différences homme-femme ont une influence importante sur le développement des méthodes alternatives d'enseignement et d'apprentissage avec les technologies d'information et de la communication (Honey et al. (1991), un plus grand intérêt et une meilleure compréhension des besoins particuliers des filles devraient influencer les méthodes à venir.

4.3. Les considérations méthodologiques

La richesse de notre échantillon repose avant tout sur son *contour naturel* (Pires, 1997). Un fait étonnant qui se rapporte à la présente étude est la proportion globale des rôles facilitants. Cependant, il ne faut pas exclure la possibilité que la présence majoritaire de rôles facilitants soit due au fait que les participantes étaient

⁸ Traduction tirée de Lirette-Pitre et Mujawamariya (2005)

observées directement par la chercheuse. En effet, il est possible que les participantes étaient motivées à réussir et qu'elles voulaient bien paraître parce qu'elles étaient filmées pour une recherche.

Sachant qu'un échantillon qui est composé que de personnes volontaires peut être biaisé puisqu'il n'est pas représentatif de la population en général, il est permis de se questionner en quoi l'exigence de ce type de participation a affecté la validité de la recherche. Il est en effet possible que ce facteur ait eu une influence sur la réussite et les types d'interaction du groupe collaboratif. Puisque notre étude est un devis à cas unique, il est clair qu'il ne peut être représentatif de la population générale.

Cependant, il est permis de croire que la méthode utilisée avec un plus grand nombre d'équipes permettrait d'arriver à des conclusions similaires. Toutefois, les données globales et spécifiques provenant de notre étude nous ont permis de répondre à nos questionnements en analysant les processus d'interaction entre différents participants sociaux en tenant compte de la variabilité des facteurs. Bref, la richesse de notre étude de cas provient du fait qu'elle a permis d'explorer les interactions complexes en contexte naturel par l'exploration du matériel.

⁹ Association for Women in Science⁹ <http://www.awis.org/>

CHAPITRE V

CONCLUSION

5.1. Les buts et apports de l'étude

Cette étude avait pour objectif d'explorer la diversité des interactions d'apprenants dans un mode d'apprentissage collaboratif. La recension des écrits nous a permis de constater que bon nombre de chercheurs se sont intéressés à l'importance du rôle social dans les équipes de travail collaboratif. Néanmoins, peu d'entre eux avaient examiné l'émergence de ces rôles à travers différentes tâches d'apprentissage dans un environnement technologique stimulant l'esprit de recherche scientifique par la manipulation concrète de données réelles. Afin d'explorer cette question, nous avons : 1) observé une équipe d'apprenants pendant une période de quatre mois, 2) effectué une analyse de contenu à partir des données provenant des interactions sociales entre les partenaires de l'équipe de travail, 3) procédé à des analyses qualitatives mesurée à l'aide d'une fidélité inter-juge, 4) dégagé les profils descriptifs des participantes, des rôles sociaux et des tâches de travail ainsi qu'une analyse de tendances. De plus, la recherche souhaitait examiner la teneur des relations entre trois variables soit les participants, les rôles sociaux et les tâches de travail. Nous avons pu déterminer qu'il y avait des relations significatives entre elles.

Dans l'ensemble, les données obtenues dans cette étude de cas font part de la richesse d'interactions sociales variées dans une équipe de travail collaboratif ainsi que et de l'importance de la manipulation de matériel technologique attrayant dans l'apprentissage des sciences.

5.2. L'originalité du travail

L'environnement riche en technologie a permis aux apprenants de construire leur savoir de façon active et significative comme le soutient le modèle constructiviste qui veut que l'acquisition des connaissances se fasse dans un environnement enrichissant qui permet à l'élève de construire ses connaissances du

monde à partir de la manipulation d'objets sur lesquels il réfléchit. Selon nous, le contexte d'apprentissage de type constructiviste et l'accès à des outils technologiques manipulables ont favorisé le développement des connaissances scientifiques à travers la participation active des apprenants tel que préconisé par plusieurs chercheurs (Dubé, 1999; Majawamariya, 2000; Pépin, 1994; Thouin, 1997; Twomey-Fosnot, 1996). Les activités scientifiques ont été développées à travers une approche favorisant la démarche scientifique par laquelle l'élève doit faire des découvertes et formuler ses propres hypothèses, une méthode également préconisée par ces chercheurs.

Nous croyons que l'environnement étudié traduit une intégration adéquate de la méthode scientifique et des nouvelles technologies de l'information nécessaire au savoir-faire dans l'apprentissage des sciences. Il a permis aux participantes d'explorer le sujet scientifique traité, soit la température, à l'aide d'outils favorables à l'apprentissage des sciences au primaire. Les apprenants ont non seulement eu la chance de créer leurs propres questionnements quant au thème scientifique étudié, ils ont aussi pu chercher leur réponse par la création d'un instrument de mesure scientifique à l'aide d'outils technologiques de pointe.

5.3. Les questionnements et prochaines recherches

Une étude semblable comparant plusieurs équipes de travail collaboratif permettrait d'examiner si l'on arrive à des résultats semblables pour ensuite pouvoir déceler des tendances plus générales chez des élèves du 3^e cycle de niveau primaire.

Un des faits saillants parmi les plus intéressants fut de montrer l'importance de la manipulation du matériel technologique. Nous encourageons les chercheurs dans le domaine à poursuivre les recherches sur les effets de l'utilisation d'outils favorisant l'apprentissage des sciences et technologies.

RÉFÉRENCES

- Abrami, C. (1996). *L'apprentissage coopératif. Théories, méthodes, activités*. Montréal: Chenelière.
- Bakeman, R. et Gottman, J.M. (1997). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barfurth, M. (1994). *The Collaboration process as seen through Children's disagreements while learning science*. Unpublished Doctoral Thesis dissertation, McGill University.
- Barfurth, M. et van Gelder, B. (1993a). Drawbridges and Window Washers: Children's investigation of mechanical advantage with LEGO/Logo. Dans N. Estes, & M. Thomas (Eds.). *Rethinking the roles of technology in education* (pp. 423-425). Austin: The University of Texas, 1.
- Barfurth, M., Basque, J., Chomienne, M. et Winer, L. R. (1994), pp.485-548. Dans P. Bordeleau (Ed.). *Apprendre dans des environnements pédagogiques informatisés*. Montréal: Éditions Logiques.
- Basque, J. (1997). *Effets d'un apprentissage à la programmation LOGO en dyade et en solo sur le développement de certaines habiletés métacognitives chez des enfants de 10-12 ans*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal.
- Basque, J., Rocheleau, J. et Winer, L. (1998). *Une approche pédagogique pour l'école informatisée*. École informatisée Clés en main du Québec inc. http://www.grics.qc.ca/clesen_main
- Basque, J. (1999). *Inforoute et technologie éducative à l'aube de l'an 2000*. Actes du XIIe Colloque du Conseil interinstitutionnel pour le progrès de la technologie éducative, Télé-Université, Montréal.
- Bearison, D. J. & Zimilies, H. (Eds.) (1986). *Thought and emotion: developmental perspectives*. Hillsdale: Laurence Erlbaum.
- Bearison, D. J. & Magzamen, S. et Filardo, E. K. (1986). Socio-cognitive conflict and cognitive growth in young children. *Merill-Palmer Quarterly*, 32, 51-72.
- Bell, N., Grossen, M. et Perret Clermont (1985). Sociocognitive conflict and intellectual growth. Dans M. W. Berkowitz (Ed.). *Peer conflict and psychological growth: New directions for Child Development* (pp. 41-51). San Francisco: Jossey-Bass.

- Bentley, M. L. (1998). Constructivism as a referent for reforming science education. Dans M. Larochelle et N. Bednarz, *Constructivism and education* (pp. 173-190). New-York: Cambridge University Press.
- Berkowitz, M. W. (Ed) (1985). *Peer conflict and psychological growth. New directions for Child Development*, 29. San Francisco: Jossey-Bass.
- Bordeleau, P. (1994). *Apprendre dans des environnements pédagogiques informatisés*. Montréal: Éditions Logiques.
- Bordeleau, P. (1994). *Des outils pour apprendre avec l'ordinateur*. Montréal: Éditions Logiques.
- Bourgoin, M. (1990). *Using LEGO robots to explore dynamics*. Master's thesis, MIT Media Laboratory.
- Bouthat, C. (1993). *Guide de présentation des mémoires et thèse*. Décanat des études avancées et de la recherche. Université du Québec à Montréal,
- Brousseau, N. et Vázquez-Abad, J. (automne 2003). Analyse de la nature constructiviste d'une activité d'apprentissage collaboratif médié par les TIC. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 29(3).
- Brown, J.S., Collins, A. et Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Burton, M., Brna, P. et Treasure-Jones, T. (1997). Splitting the Collaborative Atom: How to Support Learning about Collaboration. In B. du Boulay and R. Mizoguchi (Eds.) *Artificial Intelligence dans Education: Knowledge and Media in Learning Systems* (pp.135-142). Amsterdam: IOS.
- Cerclé, A. et Somat, A. (2002). *Psychologie sociale: cours et exercices*. Paris: Dunod
- Chamberland, G. Lavoie, L. et Marquis, D. (1995). *20 formules pédagogiques*. Ste-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Chevrier, J., Fortin, G., Leblanc, R. et Théberge, M. (2000). La construction du style d'apprentissage. *Éducation et Francophonie*, 28(1).
- Clements, D. H. (1986). Effects of Logo and CAI environments on cognition and creativity. *Journal of Educational psychology*, 78(4), 309-318.
- Clements, D. H. (1986b). Logo and Cognition: A Theoretical Foundation. *Computers in human behaviour*, 2, 95-110.

- Clements, D. H. (1987). Longitudinal Study of the Effects of Logo Programming on Cognitive Abilities and Achievement. *Journal of educational computing research*, 3(1), 73-94.
- Clements, D. H. et Nastasi, B. K. (1988). Social Cognitive Interactions in Educational Computer Environments. *American Educational Research Journal*, 25(1), 87-106.
- Clements, D. H. (1991). Enhancement of creativity in computer environments. *American Educational Research Journal*, 28(1), 173-187.
- Cobb, P., Wood, T. et Yackel, E. (1991). Analogies from the Philosophy and Sociology of Science for Understanding Classroom Life. *Science Education*, 75(1), 23-44.
- Cobb, P. (1996). Where is the mind? A Coordination of the Sociocultural and Cognitive Constructivist Perspectives. Dans C. Twomey Fosnot (Ed), *Constructivism: Theory, perspectives and practice* (pp. 34-52). Teacher College Press.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the Classroom: Conditions for Productive Small Groups. *Review of educational Research*, 64(1), 1-35.
- Cohen, E. G. (1994). *Le travail de groupe: Stratégies d'enseignement pour le classe hétérogène*. Traduction de Fernand Ouellet. Montréal: Éditions de la Chenelière.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational Psychology and Measurement*, 20, 27-46.
- Cole, S. (1992). *Making science: Between Nature and Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Coyle, D. et Matthews, M. (April 2004). *Personnal Investigator : a therapeutic 3D Game for Teenagers*. Conference on Human Factors in Computing Systems2004, April. Presented at the Social Learning Gaming Workshop.
- Damon, W. (1984). Peer education: The untapped potentiel. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 5, 331-343.
- Damon, W. et Phelps, E. (1987). *Peer collaboration as a context for cognitive growth*. Paper presented at Tel Aviv University School of Education, Tel Aviv.

- Danvoye, P. (1991). *La situation en micro-informatique scolaire: Volet utilisateurs*. Montréal: Ministère de l'Éducation du Québec.
- Davidson, N. (1998). L'apprentissage coopératif et en collaboration. Une tentative d'unification. Traduit par M. Toussant. Dans *La créativité et l'apprentissage coopératif* (pp. 63-101). Montréal: Les Éditions Logiques.
- Deering, P. D. et Meloth, M. S. (1993). A descriptive study of naturally occurring discussion in cooperative learning groups. *Journal of Classroom Interaction*, 28(2), 7-13.
- Develay, M. (1996). *Donner du sens à l'école*. Paris : ESF éditeur.
- Deslauriers, J.-P. et Kérisit, M. (1997). Le devis de recherche qualitative. Dans J. Pourpart, L.-H. Groulx, J.-P. Deslauriers, A. Laperrière, R. Mayer et A. P. Pires. Groupe de recherche interdisciplinaire sur les méthodes qualitatives. *La recherche qualitative : Enjeux épistémologiques et méthodologiques* (P.86-111). Boucherville : Gaëtan Morin Éditeur.
- Dillenbourg, P. Baker, M., Blaye, A. et O'Malley, C. (1996). The evolution of research on collaborative learning. Dans E. Spada & P. Reiman (Eds.) *Learning in Human and Machine: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 189-211). Oxford: Elsevier.
- Doise, W. (1993). *Logiques sociales dans le raisonnement*. Paris: Delachaux et Nieslé.
- Doise, W. et Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris: InterÉditions.
- Doise, W. et Mugny, G. (1997). *Psychologie sociale et développement cognitif*. Paris: Delachaux et Nieslé.
- Donckèle, J.-P. (1993). *Oser les pédagogies de groupe. Enseigner autrement afin qu'ils apprennent vraiment*. Namur : Éditions Érasme.
- Doyon, M. et Ouellet, G. (1991). *L'apprentissage coopératif. Théories et pratiques*. Montréal : Commission des écoles catholiques de Montréal, Service des études.
- Driver, R. (1983). *The pupil as a scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. et Thibergien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press

- Druin, A. and Solomon, C. (1996). *Designing Multimedia Environments for Children: Computers, Creativity and Kids*. New-York.: John Wiley and Sons.
- Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology*, 21(1), 1-25.
- Druin, A. et Fast, K. (2002). The Child as a Learner, Critic, Inventor, and Technology Design Partner: An Analysis of Three Years of Swedish Student Journals. *The International Journal of Technology and Design Education*, 12(3), 189-213.
- Dubé, L. (automne-hiver1999). Les technologies de l'éducation et de la communication et leur avenir en éducation. *Éducation et Francophonie*, 27(2).
- Duit, R. et Treagust, D. F. (1995). Student's conceptions and constructivist teaching approaches, pp. 46-67. Dans B. J. Fraser et H. J. Walberg (Eds.) et K. J. Rehage (Ed., National Society for the Study of Education), *Improving Science Education*. Chicago: National Society for the Study of Education.
- Durand, R. T. et Gauvain, M. (1993). The role of age versus Expertise in Peer Collaboration during Joint Planning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 55, 27-242.
- Eisengberg A. R. et Garvey, C. (1981). Children's use of verbal strategies in resolving conflicts. *Discourse Processes*, 4, 149-170.
- Fijalkow, J. et Nault, T. (2002). *La gestion de la classe*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Flaherty, C. (1993). Gaining group cooperation through role playing. *Child Language Teaching and Therapy*, 9(1), 32-44.
- Forman E. A. (1989). The role of interaction in the social construction of mathematical knowledge. *International Journal of Educational Research*, 13, 55-70.
- Forman, E. A. et Cazden, C. (1985). Exploring Vygotskian perspectives in education: The cognitive value of peer interaction. Dans J. V. Wertsch (Ed.), *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives* (pp. 323-347). Cambridge: Cambridge University Press.
- Forrester, M. A. (1992). *The Development of Young Children's Social-Cognitive Skills*. East Sussex: Lawrence Erlbaum.

- Garrison, R. D., Cleveland-Innes, M. et Fung, T. (2004). Student role adjustment in online communities of inquiry: model and instrument validation. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 8(2), 61-74.
- Garnier, C. et Bernarz, D. et Ulanovskaya, I. (1991). L'apprentissage comme activité collective: choix et organisation des activités selon les courants soviétique et socio-constructiviste. Dans C. Garnier, N. Berdarz et I. Ulanovskaya, *Après Vygotski et Piaget: Perspectives sociales et constructiviste. Écoles russe et occidentale*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Garnier, C., Berdarz, N. et Ulanovskaya, I. (1991). *Après Vygotski et Piaget: Perspectives sociales et constructiviste. Écoles russe et occidentale*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Grégoire, R., Bracewell, R. et Laferrière, T. (1996). *L'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) à l'apprentissage des élèves du primaire et du secondaire*. Revue documentaire: Université Laval et Université McGill.
- Goupil, G. et Lusignan, G. (1993). *Apprentissage et enseignement en milieu scolaire*. Boucherville: Gaëtan Morin.
- Giordan, G., Girault, Y. et Clément, P. (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne: P. Lang.
- Gredler, M. E. (1992). *Learning and Instruction: Theory into practice*, 2nd edition. Toronto: Maxwell Macmillan Canada.
- Henri, F. et Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Apprentissage collaboratif à distance*. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Harel, E. et Papert, S. (1991). *Constructionism*. Norwood, N.J: Ablex Publishing.
- Harper, G. F., Maheady, L. et Malette, B. (1998). L'efficacité de l'enseignement mutuel par les pairs: Comment et pourquoi favoriser la réussite scolaire de tous les élèves. Dans J. S. Thousand, R.A. Villa et A. I. Nevin, *La créativité et l'apprentissage coopératif* (pp.391-420). Montréal: Éditions Logiques.
- Hausmann, R. G. M., Chi, M. T. H. et Roy, M. (2004). *Learning from collaborative problem solving: An analysis of three hypothesized mechanisms*. 26th Annual conference of cognitive science.

- Heath, E. F. (1998). Two Cheers and a Pint of Worry: An on-line Course in a Political and Social Philosophy. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 2(1), 15-33.
- Henri, F. et Lundgren-Cayrol, K. (2001). *L'apprentissage collaboratif à distance: pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuel*. Ste-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Hogan, K. (1999a). Sociocognitive Roles in Science Group Discourse. *International Journal of Science Education*, 21, 855-882.
- Hogan, K. (1999b). Thinking aloud Together: A test of an Intervention to foster students' Collaborative Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1085-1109.
- Hogan, K. (1999c). Assessing depth of Sociocognitive processing in peer groups' science discussions. *Research in Science Education*, 29, 457-477.
- Hogan, K. (1999d). Relating student's personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science Education*, 8(3), 1-132.
- Hogan, K., Nastasi, B. K. et Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17, 379-432.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84, 51-70.
- Honey, M., Moeller, B., Brunner, C., Bennett, D., Clements, P. et Hawkins, J. (1991). *Girls and Design : Exploring the Question of Technological Imagination*. Center for Technology in education, Technical Report Series, 17.
- Huberman, A. M. et Miles, M. B. (1991). *Analyse des données qualitatives: Recueil de nouvelles méthodes*, Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Järvinen, E.-M. (1998). The Lego/Logo Learning environment in technology education: An experiment in a Finnish Context. *Journal of Technology Education*, 9, 2.
- Jonnaert, P. (2002). *Compétences et socioconstructivisme. Un cadre théorique*. Bruxelles : De Boeck Université.

- Jonnaert, P. et Vander Borght, C. (1999). *Créer des apprentissages. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1989). Towards a Cooperative Effort: A Response to Slavin. *Educational Leadership*, 46(80-81), 93-94.
- Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1990). Social skills for successful group work. *Educational Leadership*, 47(4), 29-33.
- Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1991a). *Creating Controversy: Intellectual Challenge in the Classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1998). Cooperative Learning and Social Interdependence Theory. Dans R. S. Thindale, *Theory and Research on Small Groups* (pp. 9-35). New York: Kluwer Academic/Plenum Press.
- Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive and Individualistic Learning*, 5th Edition. Boston: Allyn and Bacon.
- Julyan, C. et Duckworth, E. (1996). A Constructivist Perspective on Teaching and Learning Science. Dans *Constructivism: Theory, Perspectives and Practice*. Teacher College Press.
- Kafai, Y. B. (2002). *Student's perceptions of social network: Development, experience and equity in collaborative software design activities*. Proceedings of the CSCL Conference.
- Kafai, Y. B. et Resnick, M. (Eds.) (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in a Digital World*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Kagan, S. (1992). *Cooperative Learning*. San Juan Capistrano, CA: Ressources for teachers).
- Kreijns, K. et al. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative environments: A review of the research. *Computers in Human Behavior*, 19(3), 335-353.
- Kreijns, K. et Kirschner, P. A. (2002). Group awareness widgets for enhancing social interaction in computer-supported collaborative learning environments: design and implementation. In D. Budny & G. Bjedov (Eds.), *Proceedings of the 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (session T3E)*. Piscataway, NJ: IEEE. <http://fie.engrng.pitt.edu/fie2002/index.htm>.

- Kuhn, D. (1989). Children and adults as Intuitive Scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674-689.
- Landis, J. R. et Kosh, G. G. (1977b). A one-way component of variance model for categorical data, *Biometrics*, 33, 671-679.
- Laperrière, A. (1997). Les critères de scientificité des méthodes qualitatives. Dans Poupart, Deslauriers, Groulx, Laperrière, Mayer et Pires. Groupe de recherche interdisciplinaire sur les méthodes qualitatives. *La recherche qualitative: Enjeux épistémologiques et méthodologiques*. Boucherville: Gaëtan Morin.
- Laplane, B. (1997). Le Constructivisme en didactique des sciences: Dilemmes et défis. *Education et Francophonie*, 25(1).
- Larochelle, M et Bednarz, N. (1998). *Constructivism and education*. New-York: Cambridge University Press.
- Larochelle, M., Désautels, J. et Ruel, F. (1992). *Autour de l'idée de la science: itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Larose, F., Grenon, V. et Palm, S. B. (2004). *Enquête sur l'état des pratiques d'appropriation et de mise en oeuvre des ressources informatiques par les enseignantes et les enseignants du Québec*. Centre de recherche sur l'intervention éducative, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke.
- Lavoie, G. (1998). *Difficulté d'ordre comportemental et approche interactionnelle*. <http://www.adaptationscolaire.org/themes/dico/documents/pres.pdf>
- Lavoie, G. (1999). *L'approche orientée vers les solutions en milieu scolaire*. <http://www.adaptationscolaire.org/themes/dico/documents/solu.pdf>
- Lavonen, J., Meisalo, V. et Lattu, M. (2002) Collaborative Problem Solving in a Control Technology Learning Environment, a Pilot Study. *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 139-160.
- Lee, M. O. C. et Thompson, A. (1997). Guided Instruction in Logo Programming and the Development of Cognitive Monitoring Strategies among College Students. *Journal of Educational Computing Research*, 16(2), 125-144.
- Légaré, C. (2000). Un programme de cybermentorat pour le collégial. *Pédagogie collégiale*, 14(1), 24-29.

- Lemerise, T. (1992). On Intra and Interindividual Differences in Children's Learning Styles. Dans C. Hoyles et R. Noss (Eds.), *Learning mathematics and Logo* (pp. 191-221). Cambridge: MIT Press.
- Kurt Lewin (1948, 1997). *Resolving social conflicts and, field theory in social science*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Liao, Y.-K. et Bright, G. W. (1991). Effects of computer programming on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of educational research and computing research*, 7(3), 251-268.
- Light, P. et Blaye, A. (1990). Computer-based learning: The social dimensions. Dans P. Light, S. Sheldon et M. Woodhead (Eds.), *Learning to think* (pp. 205-218). London: Routledge.
- Lirette-Pitre, N. et Mujawamariya, D. (2005). Une initiative pédagogique intégrant les technologies d'information et de la communication (TIC) visant à rendre les sciences et l'informatique plus attrayantes pour les adolescentes, *Éducation et francophonie*, 33(1), 89-104.
- Martin, F. (1988). *Children, Cybernetics, and programmable bricks*. Master's thesis, Masssetchusetts Institut of Technology, Media Laboratory.
- Martin, F. (March, 1995). The art of LEGO design. *The Robotics Practitioner: The Journal for Robot Builders*, 1(2).
- McLoughlin, C. et Olivier, R. (1998). Maximizing the language and learning link in computer environments. *British Journal of Educational Technology*, 29(2), 125-136.
- McMillan Culp, K., Hawkins, J. et Honey, M. (1999). *Review Paper on Educational Technology Research and Development*. Center for Children and Technology.
- Merieu, P. (1996). *Outils pour apprendre en groupe. Apprendre en groupe-2*, 6^e édition. Lyon: Chronique sociale.
- Mevereck, Z. R. et Kramarski, B. (1993). Vygotsky and Papert: Social-Cognitive Interaction Within Logo Environments. *British Journal of Educational Psychology*, 63, 96-109.
- Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ, 1999). *Programme de formation de l'école québécoise : Éducation préscolaire enseignement primaire*.

- Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ, 2000). Conseil supérieur de L'éducation. *Rapport annuel (1999-2000) sur l'état et les besoins de l'éducation*.
- Miles, M. B. et Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An expanded sourcebook*, Second Edition. Thousand Oaks: Sage.
- Morrison, D. et Collins, A. (1996). Epistemic fluency and constructivist learning environments. Dans B. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments* (pp.107-119). Englewood Cliffs: Educational Technology Press.
- Nastasi, B., Clements, D. H. et Battista, M. (1990). Social Cognitive Interactions, Motivation, and Cognitive Growth in Logo programming and CAI Problem Solving Environments. *Journal of educational Psychology*, 82, 150-158.
- Newman et Tompson (1987). *Effects of cooperative learning on achievement in secondary schools: A summary of research*. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison, National Center on Effective Secondary Schools.
- Okada, T. et Simon, H. A. (1997). Collaborative Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science*, 21(2), 109-146.
- Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. Dans P. Reimann et H. Spada, *Learning in humans and machines: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 37-62). New York: Press.
- Palinscar, A. S. (1998). Social Constructivist Perspectives on Teaching and Learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 345-375.
- Papert, S. et Solomon, C. (1972). Twenty things to do with a Computer. *Educational Technology Magazine*. N.-J.: Englewood Cliffs.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit: Ordinateurs et apprentissage*. Paris: Flammarion.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the age of the Computer*. New York: Basic books.
- Papert, S. (1997). *The Connected Family*. Marietta: Longstreet Press.
- Pea, R. D. et Sheingold, K. (éd) (1986). *Mirrors of Minds: Patterns of experience in educational computing*. Norwood (N.J.): Ablex.
- Perrenoud, P. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*, Paris: ESF Éditeur.

- Perrenoud, P. (1997). Les pédagogies nouvelles en question(s).
<http://freinet.org/creatif/bruyeres/perrenoud.html>
- Perkins, D. N. (1991). Technology Meets Constructivism: Do they Make a Marriage?
Educational Technology, 31(5), 18-23.
- Perret-Clermont, A.-N. (1980). Social interaction and cognitive development in Children. Toronto: Academic Press.
- Perret-Clermont, A.-N. (1996). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Neuchâtel, Suisse: Peter Lang.
- Pépin, Y. (1998). Practical knowledge and school knowledge: a Constructivist representation. Dans M. Larochelle et N. Bednarz, *Constructivism and Education* (pp. 173-190). Cambridge University Press.
- Phelps, E. et Damon, W. (1989). Problem solving with equals: Peer collaboration as a context for learning mathematics and spatial concepts. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 639-646.
- Pilkington, R. et Mallen, C. (1996). Dialogue Games to Support Reasoning and reflection in Diagnostic Tasks. Dans P. Brna, A. Paiva and J. A. Self (eds.) *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education*. Lisbon: Edições Colibri.
- Plomb, T. et Voogt, J. (1995). Use of computers, pp. 171-185. Dans B. J. Fraser, H. J. Walberg (Eds) et K. J. Rehage (Ed., National Society for the Study of Education), *Improving Science Education*. Chicago: National Society for the Study of Education.
- Pochon, P.-O. (2003). Quelques repères historiques concernant les TICS et leur usage dans l'éducation et la formation. *Cahiers de Psychologie. Périodique de l'Institut de Psychologie et du groupe de Psychologie appliquée de l'Université de Neuchâtel*. 39, 23-61.
- Poirier, L. (1997). Rôle accordé aux interactions entre pairs dans l'enseignement des mathématiques- une illustration en classe d'accueil. *Éducation et francophonie*, 25(1). <http://www.acelf.ca/revue/XXV1/rxxv1-06.html>
- Poupart, Deslauriers, Groulx, Laperrière, Mayer et Pires. Groupe de recherche interdisciplinaire sur les méthodes qualitatives. *La recherche qualitative: Enjeux épistémologiques et méthodologiques*. Boucherville: Gaëtan Morin.

- Programme de formation de l'école québécoise, version provisoire* (1999).
Gouvernement du Québec, Ministère de l'éducation, Bibliothèque National du Québec.
- Proulx, J. (1999). *Le travail en équipe*. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec, 135 pages.
- Resnick, M. (2006). Computer as Paintbrush: Technology, Play, and the Creative Society. In Singer, D., Golikoff, R., and Hirsh-Pasek, K. (eds.), *Play = Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford University Press.
- Resnick, M. (2003). Thinking like a tree and Other Forms of Ecological Thinking. *Journal of Computers for Mathematical Learning*, 8(1), pp.43-62.
- Resnick, M. Berg, R. et Eisenberg, M., (2000). Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics back to Scientific Investigation. *Journal of the Learning Sciences*, 9(1), 7-30.
- Resnick, M., Eisenberg, M. et Berg, R. (1999). *Learning with Digital Manipulatives: A New Generation of Froebel Gifts for Exploring "Advanced" Mathematical and Scientific Concepts*. Research Proposal to the National Science Foundation.
- Resnick, M. (1998). Technologies for Lifelong Kindergarten. *Educational Technology, Research and Development*, 46(4), 43-55.
- Resnick, M., Rusk, N. et Cooke, S. (1998). The Computer Clubhouse: Technological Fluency in the Inner City. Dans D. Schon, B. Sanyal and W. Mitchell (Eds.), *High Technology and Low-Income Communities* (pp. 266-286). Cambridge: MIT Press.
- Resnick, M. et Wilensky, U. (1997). Diving into Complexity: Developing Probabilistic Decentralized Thinking through Role-Playing Activities. *Journal of the Learning Sciences*, 7(2), 153-172.
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R. et Silverman, B. (1996). Programmable Bricks: Toys to Think With. *IBM Systems Journal*, 35(3-4), 443-452.
- Resnick, M. et Rusk, N. (1996). The Computer Clubhouse: Preparing for Life in a Digital World. *IBM Systems Journal*, 35(3-4), 431-440.
- Resnick, M. (1996). Beyond the Centralized Mindset. *Journal of the Learning Sciences*, 5(1), 1-22.

- Resnick, M. (1995). New Paradigms for Computing, New Paradigms for Thinking. Dans A. diSessa, C. Hoyles, & R. Noss (eds.), *Computers and Exploratory Learning* (pp. 31-43). Berlin: Springer-Verlag.
- Resnick, M. (1994). *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Resnick, M. (1994). Changing the Centralized Mind. *Technology Review*, July, 32-40.
- Resnick, M. (July 1993). *Behavior Construction Kits*. Communications of the ACM, 36(7), 64-71.
- Resnick, M. (1991). MultiLogo: A Study of Children and Concurrent Programming. *Interactive Learning Environments*, 1(3), 153-170.
- Resnick, M. et Ocko, S. (1991). LEGO/Logo: Learning Through and About Design. Dans I. Harel and S. Papert, *Constructionism* (pp. 141-158). Norwood, N.J.: Ablex Publishing.
- Resnick, M. (1991). Xylophones, Hamsters, and Fireworks: The Role of diversity in Constructionist Activities. Dans Harel, E. et Papert, S. *Constructionism*(pp.150-158). Norwood, N.J: Ablex Publishing.
- Resnick, M., Ocko, S. et Papert, S. (1988). LEGO, Logo, and Design: Children's Learning Environments, *Quarterly*, 5(4), 14-18.
- Resnick, L. B. et Resnick, D. P. (1992). Assessing the Thinking Curriculum: New tools for Educational Reform. Dans B. R. Gifford et M. C. O'Connor, *Changing Assessment: Alternative Views of Aptitude, Achievement, and Instruction* (pp.37-75). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Reif, F. (1990). Transcending Prevailing Approaches to Science Education. Dans M. Gardner et al. *Towards a Scientific Understanding of Science Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roschelle, J. (1992). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 235-276.
- Roth, W. M., (1995). *Authentic School Science*. Dordrecht, Pays-Bas: Kluwer Academic.
- Rogoff, B. (1992). Three ways to relate person and culture. *Human Development*, 35, 316-320.

- Rogoff, B. (1998). Cognition as a Collaborative Process. Dans W. Damon, D. Kuhn, et R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology*, 2 (pp. 679-744). New-York: Wiley.
- Rogoff, B. et Wertsch, J. V. (1984). *Children's Zone of Proximal Development*. San Francisco, California: Jossey-Bass.
- Salomon, G. et Globerson, T. (1989). When teams do not function the way they ought to. In *Peer interaction, problem-solving and cognition: Multidisciplinary perspectives*. International journal of Educational Research., 13 (1), 89-100.
- Sargent, R., Resnick, M. Martin, F. et Silverman, B. (1996). Building and Learning with Programmable Bricks. Dans Y. Kafai & M. Resnick, *Constructionism in Practice* (pp. 161-173). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Scaife, M. Rogers, Y., Aldrich, F. et Davies, M. (Mars 1997). *Designing For or Designing With?* Proceeding of CHI'97 Conference, ACM Press, Electronic Publications.
- Schrumpf, F. (1998). Le rôle des élèves dans la résolution des conflits à l'école. Dans J. S. Thousand, R. A. Villa et A. I. Nevin, *La créativité et l'apprentissage coopératif* (pp. 487-518). Montréal: Éditions logiques.
- Schwarz, B. B., Neuman, Y. Gil, J. et Ilya, M. (2001). *Effects of argumentative activities on collective and individual arguments*, Proceedings of the 2001 Computer Supported Collaborative Learning Conference.
- Singh, J. K. (1992). Cognitive effects of Programming Logo: A review of literature and synthesis of strategies for research. *Journal of Research on Computing in Education*, 25(1), 88-104.
- Singer, J. Behrend, S. D. et Roschelle, J. (1988). Children's Collaborative use of a Computer Microworld. *Association for Computing Machinery*, 282(9), 271-281.
- Slavin, R. E. (1987). *Cooperative Learning: Student teams*, Second edition. Washington, D.C.: National Educational Association.
- Slavin, R. E. (1985). Cooperative Learning: Applying Contact Theory in Desegregated Schools. *Journal of Social Issues*, 41(3), 45-62.
- Slavin, R. E. (Oct. 1988). Cooperative Learning and student achievement. *Educational Leadership*, 46, 90-92.

- Slavin, R. E. (1989). Research on Cooperative Learning: Consensus and controversy. *Educational Leadership*, 46(2), 52-54.
- Slavin, R. E. (1991). Synthesis of research on cooperative learning, *Educational Leadership*, 48(2), 71-82.
- Soloway, E., Grant, W., Tinker, R., Roschelle, J., Mills, M., Resnick, M., Berg, R. et Eisenberg, M. (1999). Science in the palm of your hands. *Association for Computing Machinery*, 42(8), 21-26.
- Stevahn, L., Johnson, D.W., Johnson, R.T., Green, K. and Laginski, A.M. (1997). Effects on High School students of conflict resolution Training Integrated Into English Literature. *The Journal of Social Psychology*, 137(3), 302-315.
- Tao, p.-K. et Gunstone (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57.
- Tardif, Jacques (1992). *Pour un enseignement stratégique: L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal: Les Éditions Logiques.
- Tardif, Jacques (1999). *Intégrer les nouvelles technologies de l'information. Quel cadre pédagogique?* Paris: ESF Éditeur.
- Teasley, S. D. et Rochelle, J. (1993). Constructing a joint problem space: The computer as a tool for sharing knowledge. Dans S. Lajoie & S. Derry (Eds.), *The computer as a cognitive tool*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Thouin, M. (1997). *La didactique des sciences de la nature au primaire*. Québec: Éditions Multimonde.
- Thouin, M. (1996). Le développement d'instruments de mesure des apprentissages en sciences de la nature au primaire. *Mesure et évaluation en éducation*, 18(1), 95-124.
- Thousand, J. S., Villa, R. A. et Nevin, A. I. (1998). *La créativité et l'apprentissage coopératif*. Montréal: Éditions Logiques.
- Tindale, R. S. (1998). *Theory and Research on Small Groups*. New York: Kluwer Academic/Plenum Press.
- Treagust, D. F., Duit, R. et Fraser, B. J. (1996). *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York: Teacher College Press.

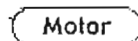
- Tudge, J. (1990). Vygotsky, the zone of proximal development, and peer collaboration: Implications for classroom practice. In L. C. Moll (Ed.), *Vygotsky and education: Instructional implications and application of sociohistorical psychology* (pp.155-172). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tudge, J. et Rogoff, B. (1989). Peer Influences on Cognitive Development: Piagetian and Vygotskian Perspectives. Dans M. H. Bornstein et J. S. Bruner *Interaction in human development* (pp.17-40). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tudge, J., Winterhoff, P. A. et Hogan, D. M. (1996). The Cognitive Consequences of Collaborative Problem Solving With and Without Feedback. *Child development*, 67, 2892-2909.
- Turkle, S. (1984). *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. New York: Simon and Schuster.
- Twomey-Fosnot, C. (1996). Constructivism: A Psychological Theory of Learning. Dans C. Twomey Fosnot (Ed.), *Constructivism: Theory, perspectives and practice*. New York: Teacher College Press.
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.
- Van der Maren, J.-M. (1999). *La recherche appliquée en pédagogie: des modèles pour l'enseignement*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- van Gelder, S. et Barfurth, B. (1993b). Robotics in an Integrated Curriculum: Inventions and introspections. Dans N. Estes et M. Thomas (Eds.), *Rethinking the roles of technology in education* (pp. 426-428). Austin: The University of Texas, 1.
- Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. St-Laurent: Éditions du renouveau pédagogique inc.
- Von Glasersfeld, E. (1996). Introduction: Aspects of constructivism. Dans Twomey Fosnot, C. *Constructivism: theory, perspectives and practice*. New York: Teacher College Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind and Society*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Waters, E. et al. (1992). Role play: A versatile cooperative learning activity. *Contemporary Education*, 63(3), 216-18.

- Webb, N. B. (1982). Student interaction and learning in small groups. *Review of Educational Research*, 52(3), 421-445.
- Webb, N. B. (1985). Student interaction and learning in small groups. Dans R., Slavin, S. Sharan, S. Kagan, R. Hertz-Lazarowotz, C. Web et R. Schmuck (Eds.) *Learning to cooperate, cooperate to learn* (p. 147-172). New-York: Plenum.
- Webb, N. M., Ender, P. et Lewis, S. (1986). Problem-Solving strategies and Group Processes in Small Groups Learning Computer Programming. *American Educational Research Journal*, 23(2), 243-261.
- Webb, N. B. (1989). Peer interaction and small Group Learning. In Peer learning interaction, problem-solving, and Cognition: Multiplicinary Perspectives. *International Journal of Educational Research*, 13, 1-39.
- Webb, N. M. et Palincsar, A. S. (1996). Group Processes in the Classroom, pp.841-873. Dans *Handbook of educational Psychology: A project of Division 15, The Division of Education al Psychology of the American Psychological Association*. New York: Macmillan Library Reference.
- Wertsch, J. V. et Toma, C. (1995). Discourse and learning in the classroom: A sociocultural approach. Dans L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Wersch, J. V. et Stone, C. A. (1979). *A social interaction analysis of learning disabilities remediation*. Paper presented at the International Conference of the Association for Children with Disabilities, San Francisco.
- Wegerif, R. (1998). The social Dimension of Asynchronous Learning Networks. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 2(1), 34-49.
- Wilensky, U. et Resnick, M. (1999). *Thinking in Levels: A Dynamic Systems Approach to Making Sense of the World*. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 3-19.
- Wilkinson, L. C. et Martino, A. (1993). Student's disagreements during small group Mathematical Problem Solving. Dans Robert B. Davies & Carolyn A. Maher (Eds.) *Schools, mathematics and the world of reality* (pp. 135-171). Hedham Heights: Allyn & Bacon.
- Winer, L. R. et Carrière, M. (1990). The Use of Relational Database in Qualitative Research on Educational Computing. *Computers & Education*, 15(1-3), 213-220.

- Winer, L. R. et Carrière, M. (1991). A Qualitative Information System for Data Management, *Qualitative Sociology*, 14(3), 245-262
- Winer, L. R. et Carrière, M. (1994). Une base de données pour la recherche qualitative. Dans P. Bordeleau (Ed), *Apprendre dans des environnements pédagogiques informatisés* (pp.549-560). Montréal: Éditions Logiques.
- Wood, T. (1999). Creating a Context for Argument in Mathematics Class. *Journal of Research in Mathematics Education*, 30(2), 171-191.
- Yelland, N. J. (1994). The Strategies and Interactions of Young Children in LOGO tasks. *Journal of Computer Assisted Learning*, 10, 33-49.

ANNEXE A

GLOSSAIRE DES COMMANDES DE PROGRAMMATION POUR LE
LOGICIEL
LogoBlocks (version .3.2)



Motor



The motor select block lets you control which motors the Cricket will send all the following commands will to. Basically it tells the selected motors "hey, listen up!".


Clicking on this block lets you cycle between the following options:

- a, - select motor a
- b, - select motor b
- ab, - select both motors a and b



The motor control block lets you turn motors on and off.

Clicking on this block lets you cycle between the following options:

- on - turn on the selected motors
- off - turn off the previously selected motors, allowing them to sping to a halt
- brake -  turn off the previously selected motors, stopping them immediately



The onfor block will turn on any motors that are "listening" for the specified amount of time. The time is in tenths of seconds, so onfor 10 turns on the motors for one second. If you want to turn on a motor for 10 seconds, use onfor 100



The reverse block tells any motors that are "listening" to reverse their direction: instead of clockwise they'll turn counter-clockwise, or vice versa.



The motor direction block sets the direction the motors are turning. A motor can either turn thisway or thatway. You can click on this block to change the direction.



The setpower block tells any motors that are "listening" to change their speed. Power levels range from 0 (off) to 8 (full power, the fastest).



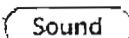
Requires the servo bus device

The servo-off block turns off the servo specified. The number block attached can range from 1 to 8, for the 8 servo plugs on the bus-device.



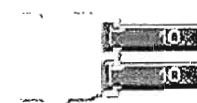
Requires the servo bus device

Turns the servo motor to the specified location. The top number is the position to turn to. This is a number between 0 and 90 - this is confusing because your servo can turn 180 degrees. The position allows for this full range by moving in 2-degree increments. This turns the servo specified by the bottom number, the ID. The ID can range from 1 to 8, for the 8 servo plugs on the bus-device.



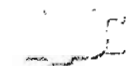
Sound

The beep block makes the Cricket beep! This is incredibly for debugging their your code. If you put this block in your program, you can hear when the program gets to that point.



The note block plays a note of your choosing. The top number determines the pitch of the note: the higher the number, the lower the note (see table below). The Cricket waits until the note is done playing before moving onto the next command in your program. The bottom input determines the length of time the note is play (in this case one second, since values are in tenths of a second).

Pitch	119	110	110	105	100	100	94	89	84	84	79	74	74	70	66	66	62	59
Note	C	C#	Db	D	D#	Eb	E	F	F	Gb	G	G#	Ab	A	A#	Bb	B	C2



Requires the voice-recorder bus-device

The v-play block will play the recording at the specified number.



Requires the voice-recorder bus-device

The v-clear block will clear the voice-recorder's index of recordings.



Requires the MIDI bus-device

The setup-midi block is really important if you want to use the MIDI bus-device. If you plan to use a MIDI board, you first have to have this block in your program. If you don't the MIDI probably won't work! This actually runs a reset-midi block, then a set-

instrument block, and then a volume-level block.



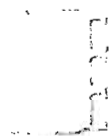
Requires the MIDI bus-device

The reset-midi block resets the specified MIDI channel. A MIDI channel is a number between 0 and 127.



Requires the MIDI bus-device

The set-instrument block sets the instrument to use for any attempts to play a note on the specified channel. The top number is the index of the instrument to use. The bottom number is the channel to assign that instrument to. A MIDI channel is a number between 0 and 127. Note that channel 10 is reserved for drums, so if you try to set-instrument on channel 10, nothing it will still play drums. Check out the MIDI instrument reference to find out the number of the instrument you want.



Requires the MIDI bus-device

The mnote block tells the MIDI bus-device to play a note. The first number is the note to play (a number between 0 and 127). See the previous table of number to note mappings for a partial reference. The second number is the duration to play the note in tenths of seconds (a number between 0 and 127). The third argument is the channel to play the note on (a number between 0 and 127). This actually runs a note-on block, then a wait block, and then a note-off block. Check out the MIDI note reference to find out the number of the note you want.



Requires the MIDI bus-device

The drum block plays a drum beat! The type of drum hit is determined by the number to the right (a number between 35 and 81). The drum instrument is set to always play on channel 10. Check out the MIDI note reference to find out the number of the drum you want.



Requires the MIDI bus-device

The midi-all-off block turns off any sounds that are currently playing. This is really useful to stop a horrid song once it has started.



Requires the MIDI bus-device

The note-on block plays a note. Remember that with this, you have to use a note-off later to stop the note! The upper number is the note to play (a number between 0 and 127). As a reference, the

number 60 plays a C. The lower number is channel to play the note on. The note will be played with whatever type of instrument is assigned to that channel. Check out the [MIDI note reference](#) to find out the number of the note you want.



Requires the MIDI bus-device

The note-off block stop playing a note. The upper number is the note to stop playing (a number between 0 and 127). The lower number is the channel to stop playing it in. Check out the [MIDI note reference](#) to find out the number of the note you want.



Requires the MIDI bus-device

The pan block lets you control output to a pair of stereo speakers. The upper number controls which speaker to play out of. The lower number controls which channel you are controlling. 0 plays all on the left speaker, 64 plays equally balanced between the two, and 127 plays all on the right speaker.



Requires the MIDI bus-device

The volume-control block lets you control the volume. The upper number is the volume level to set. 0 is off, 127 is loudest. The lower number is the channel you are setting the volume of.

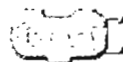


Requires the MIDI bus-device

The damper-pedal block simulates a damper pedal on a piano. The upper number must be a 1 or a 0. A one tells the damper to turn on, while a 0 tells it to turn off. The lower number is the channel you are controlling.



Display



Requires the hex-display bus-device

The display block displays a number. This number can be from 0 to 9999.



Requires the tricolor bus-device

The tricolor block displays the specified color on the tricolor LED. You specify this number with three components - a red, green, and blue level. If you were to have a 255 next to the red square, a 0 next to the green square, and a 0 next to the blue square, you would see a very bright red. Thus each number ranges from 0 (for off) to 255 (the brightest).

Communication Communication



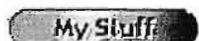
The newir? block lets you find out when your Cricket has received a new infrared transmission from another Cricket. It reports a true when a new infrared signal has received, and a false otherwise.



The ir block lets you find out what another Cricket sent to your Cricket via infrared. This number will be between 0 and 255.



The send block lets you send a number to another Cricket over infrared. This number can only be between 0 and 255.



My Stuff



This is the special "run-button" procedure. You can double-click this block and your program will immediately downloaded to the Brick and start running. After you download your code, whatever is attached to the run-button block will run when you press the run button on your actual Brick.



You can create your own collections of commands, called a procedure, using the empty purple hat. Once you drag out a purple hat, you can click once and then type in a name for it. You can call your new procedure using the call block (see description below).



The call block lets you call a procedure. Clicking on this block allows you to cycle through all of the named procedures, letting you pick the one you want to call.

Whenever you give a name to a purple hat, the name of the new procedure is automatically added to the list of call blocks.



The setthis block lets you set the value of one of the LogoBlocks global variables - this and that. Once you have used the setthis or setthat blocks to set the this or that to a value, you can use the this block and the that blocks to recall that value. Clicking on this block cycles to let set the that variable.



The this block reports the value of one of the LogoBlocks global variables - this and that. Once you have used the setthis or setthat blocks to set the this or that to a value, you can use the this block and the that blocks to recall that value. Clicking on this block cycles to let you read back the that variable.



The info block allows you to add comments to your program. Click on it once and then start typing. If you want to write a longer note, use more than one info block.

Requires expert mode to be enabled



The autorun-on block enables the Programmable Brick to start running its program immediately after it is turned on. Use the autostart-off block to disable this. Note that you can stop the program once it has started by pressing the "run" button on the actual Programmable Brick.



Requires expert mode to be enabled

The autorun-off block disables the Programmable Brick from running its program immediately after it is turned on. Use the autostart-on block to enable this.



Requires expert mode to be enabled

Use the mwait block to have the Cricket wait for a specified length of time. The number attached to the right tells the Cricket how long to wait. This works exactly like the wait block, except that the length of time is in thousandths of seconds. Thus to wait for one minute, you would enter the number 6000.



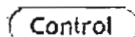
Requires expert mode to be enabled

The record16 block saves the number attached to next position in data memory. After saving, it increments the data pointer to point to the next spot in data memory. This works exactly like the record block, except that each piece of data can range from 0 to 32,000.



Requires expert mode to be enabled

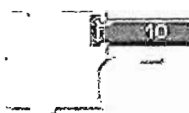
The recall16 block recalls the value recorded at the location in data memory currently pointed at by the data pointer. This works exactly like the recall block, except that each piece of data recalled ranges between 0 and 32,000.



Control



Use the wait block to have the Cricket wait for a specified length of time. The number attached to the right tells the Cricket how long to wait. This is a length of time in tenths of seconds. Thus to wait for one minute, you would enter the number 600.



The repeat block repeats a set of commands a specified number of times. The number block attached at the upper right tells the Cricket how many times to repeat the commands. The commands attached to the hook on the lower right are the command that get repeated.



The loop block repeats a set of commands forever. The commands attached to the right are repeated over and over again. This command is useful in combination with an if or ifelse block, allowing you to continually check a sensor.



The waituntil block tells the Cricket to wait until some condition is met. In this case, the Cricket would wait until a switch plugged into sensor port A is pressed. Once the condition is satisfied, the Cricket continues on to the next block in your program.



The if block tells the Cricket to only run the attached blocks if the specified condition is met. The if block firsts tests the condition attached to the upper right. Then, if the condition is true, the Cricket runs the blocks attached to the lower right. If the condition is false, the Cricket goes on to the next command in your program. Remember that the if block only checks the condition once! You should use it inside of a loop block if you want to check something over and over again.



The ifelse block tells the Cricket to only run one set of attached blocks if the specified condition is true, and another set if it is false. The ifelse block firsts tests the condition attached to the upper right. Then, if the condition is true, the Cricket runs the blocks attached to the first slot on the lower right. If the condition is false, the Cricket runs the blocks attached to the second slot on the lower right.

Remember that the ifelse block only checks the condition once! You should use it inside of a loop block if you want to check something over and over again.



The when block sets up the Cricket to stop your program and run the blocks attached when a certain condition is true. In this case, whenever a switch plugged into sensor A is pressed, the Cricket would stop whatever program is currently running, and start running the blocks attached to its lower right slot. When those blocks are done, the Cricket will return to wherever it was before it was interrupted. You can only have one when interruption running

at a time. If you setup another one, it will replace the previous one. Remember that you can use the whenoff block to stop your Cricket from being interrupted.



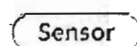
The whenoff block stops the Cricket from letting a previous when block interrupt it.



The stop block tells the Cricket to stop running whatever program it is running.



The blank block doesn't do anything! It often turns out that blocks end up overlapping. You can put blank blocks between other blocks to space them out to make your program easier to read on the screen.



Sensor



The switcha block lets you find out if a switch plugged into your Cricket is pressed or not. If a switch is pressed, this block will report a true value. If it is not, it will report a false value. You can cycle between checking a switch plugged into other sensor ports by clicking on this block once.



The sensora block lets you find out the value of a sensor plugged into your Cricket. This will report a number between 0 and 255. You can cycle between checking a switch plugged into other sensor ports by clicking on this block once.



The newir? block lets you find out when your Cricket has received a new infrared transmission from another Cricket. It reports a true when a new infrared signal has received, and a false otherwise.



The ir block lets you find out what another Cricket sent to your Cricket via infrared. This number will be between 0 and 255.



The send block lets you send a number to another Cricket over infrared. This number can only be between 0 and 255.



Requires the optical distance sensor bus-device

The distance block reports the value of the distance sensor. This number will be between 0 and 255.



Requires the heart-rate/counter bus-device

The clear-count block lets you reset the counter on the heart-

rate/counter bus-device. It will set the count block to zero.



Requires the heart-rate/counter bus-device

The heart-rate block lets you read the value of the heart-rate/counter bus-device. It will return a rate between 0 and 255.



Requires the heart-rate/counter bus-device

The count block lets you read the incremental counter on the heart-rate/counter bus-device. It will return a running count of the number of ticks of a sensor plugging into it.

Timing

Timing



Use the wait block to have the Cricket wait for a specified length of time. The number attached to the right tells the Cricket how long to wait. This is a length of time in tenths of seconds. Thus to wait for one minute, you would enter the number 600.



The timer block reports the elapsed time since the timer was last reset (by using the resett block). Note that the timer counts in milliseconds (1000 equals one second). Thus the timer can only count up to 32 seconds or so, after which it will reset itself to zero (this is called "rolling over").



The resett block tells the Cricket to reset the timer to 0.

Data

Data



The resetdp block lets you setup to record data. After resetting the data pointer, you can use the record block to save a sensor value or other number into data memory. This is equivalent to using the setdp with a number of 0.



The record block saves the number attached to next position in data memory. After saving, it increments the data pointer to point to the next spot in data memory. Each piece of data must be between 0 and 255.



The recall block recalls the value recorded at the location in data memory currently pointed at by the data pointer.



The setdp block sets the data pointer to the number specified. This value can be between 0 and 2500, which means that you can record up to 2500 pieces of data (each one between 0 and 255). A setdp with a number of 0 is the same as a resetdp.



The erase block erases a segment of the data memory. Specifically, it erases from position 0 to the number attached. Thus an erase with a 2 attached would set the first two positions of data memory to 0. The number attached must be between 0 and 2500, since you can only record 2500 pieces of data.



The timer block reports the elapsed time since the timer was last reset (by using the resett block). Note that the timer counts in milliseconds (1000 equals one second). Thus the timer can only count up to 30 seconds or so, after which it will reset itself to zero (this is called "rolling over").

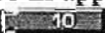


The resett block resets the internal timer to 0.



Math



You can use the number block to specify numbers to use in Cricket math! These numbers can be between 0 and around 32,767. But remember that most Cricket numbers are between 0 and 255 (like the sensors). You can edit this number by clicking on it once, after which a red outline appears around it. Then whatever number you type in appears on the block. It usually drags out with a 10, like this: 



The random block reports random numbers. These numbers will be between 0 and 32,767.

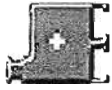


The comparison block lets you compare two numbers. Clicking on it lets you cycle between the following types of different comparisons:

< - reports true if the first number is larger than the second, and false otherwise

> - reports true if the first number is less than the second, and false otherwise

= - reports true if the first number is equal to the second, and false otherwise



The operation block lets you do common mathematical operations on numbers. Clicking on it lets you cycle between the following types of operations:

- + - add the first and the second number
- - subtracts the second number from the first
- x - multiplies the first number and the second number
- / - divides the first number by the second number
- % - returns the remainder of the first number divided by the second (also called modulo)



The boolean block lets you combine conditional statements. Clicking on it lets you cycle between the following types of operations:

- and - reports true if both the first condition and the second condition are true, otherwise returns false
- or - reports true if either the first condition or the second condition is true, otherwise returns false



The not block changes what a condition reports. If the condition to the right returns true, the not block will change it to a false. Similarly, if the condition to the right returns false, the not block will change it to a true.

ANNEXE B
PROPOSITION DE PROJET DE RECHERCHE

Research proposal
for (name of the school)

Learning with Cricket-Logo:
A study of children's co-constructed learning processes

Presented by Claudia Écrement
Ph.D. candidate
Département de psychologie
Université du Québec à Montréal

Thesis work supervised by Professors
Jacques Lajoie, Ph.D., Advisor, UQÀM
Marion Barfurth, Ph.D., Co-advisor, University of Ottawa

Learning with Cricket-Logo:
A study of children's co-constructed learning processes

The Massachusetts Institute of Technology's Epistemology and Learning Group has recently developed new computational tools and learning devices as part of their Beyond Black Boxes Project. Originally called Programmable Bricks (Martin, 1994 in Resnick and al., 1999; Sargent and al., 1996), the latest version of these devices was developed by Mitchel Resnick and his colleagues (Resnick, Martin, Sargent, Silverman, 1996; Resnick, Berg, Eisenberg, 1999) as a continuation of the work previously done with the Logo programming language (Papert, 1980; Papert, 1993). Now called Crickets, these computational tools allow children to create and design their own scientific instruments (Resnick, Berg and Martin, 1999).

Crickets can easily control motors and sensors with the help of Cricket-Logo programming, a recent version of Logo. Furthermore, infrared communication allows Crickets to communicate together as well as with other electronic devices. Due to their wireless feature and their small size, these computational tools are easily transportable from classroom to the outdoors. The nine volt battery that feeds them, allows users to collect data and to test instruments in different environments.

Materials such as Lego sensors, motors, blocks and craft materials enables children to build a multitude of artefacts. For example, a child can build an ecosystem from a plastic bottle to study the relationship between insect's behaviour and temperature. Learners may use temperature and light sensors as measuring tools and integrated these in the insect's habitat.

In our modern world, children are in daily contact with technology and will most probably need to adapt to the rapidly growing changes in the field. Thus, unlike most technological tools, Crickets are modeled to allow children to develop meaningful and personal projects that will transmute into a profound understanding of their scientific inquiries. As students learn about technology and not just with technology, they can enjoy designing scientific projects and fulfilled activities with wonder and

exploration. Through trial and error, children can begin to understand the functioning of Black Boxes. As such, they can learn via a process of witnessing their successes and errors, and implementing the necessary changes until they attain the desired objectives.

Our approach is parallel to Papert's *constructionist* theory (Papert, 1993) in using Crickets and in guiding students to learn through active and meaningful work. By enabling children to construct and design their own instruments, and to conduct experiments related to their questioning, our hope is that children will better understand the scientific concepts related to their activities. We also believe that it is through interaction with their peers that learner's social and cognitive skills will be reinforced. In our view, a teaching method that promotes exploration and autonomy through meaningful learning seems most appropriate for the use of Cricket technology. Having seen some of the work being done with these tools at (name of the school) and having witnessed the teaching methods, we feel it is an ideal setting to further our knowledge of children's co-constructed learning processes.

The nature of the research project

The goal of this study is to understand student's learning processes when working in groups on a science project prepared and directed by the teacher. Two learning contexts will serve as points of comparison: 1) the logo programming activities, and 2) the construction of computerized artifacts. The focus of the research project will be to study 1) the relationship between student's learning styles and the assigned learning activity and, 2) to observe the versatility of the new technological tools used by the students. Thus, we wish to study the learning styles of children according to three categories: their working styles, their programming styles and their problem solving styles. Through this, we hope that our observations of the different learning styles of students will enable us to further understand the active learning process with the Cricket-Logo materials while at the same time provide feedback on the material itself.

Procedure

The proposed research is exploratory with the objective of observing students in a naturalistic setting using qualitative data collection methods. The researcher's instruments used for the data collection are the video and digital cameras. In addition, the computers will be used to retrieve data on the student's programming work. The use of these different recording instruments would enable us to study the student's use of the computational tools, and the evolution of their projects. The data collection period would carry through until the completion of the student's projects. The researcher would be observing the interactions of randomly chosen groups of children that have consented to participate.

To insure the children's and the school's confidential anonymity, the researcher will take all necessary precautions. Any participants that have consented will have the right to withdraw at anytime and or for any reason from the project, without any penalties or sanctions.

ANNEXE C
LETTRE AUX PARENTS

January 10th, 1999

Dear parents,

We invite you to participate to a study conducted by Claudia Écrement (Ph.D. candidate from the Université du Québec à Montréal) supervised by professors Jacques Lajoie, Ph.D. and Marion Barfurth, Ph.D. St-George's school of Montréal has been chosen to participate in this research project because of its implication with new computational tools and learning devices recently developed by Boston's Massachusetts Institute of Technology's Epistemology and Learning Group.

To understand the focus of the research, please read the following research description. Herewith, you will find a document explaining the focus of the research and how your child's participation is needed. After having read the document, if you wish to, you may accept to participate to the study by completing the consent form, (before January 13th) and giving it back to Ms. Susan van Gelder or Ms. Beatrice Lewis. If you have any questions, please do not hesitate to contact me.

We hope you will find the nature of our project interesting. Accepting to participate to this research would enable us to better understand the learning process of children when working with technological tools.

Claudia Écrement
Tel.: (450) 674-3796
claudia.ecrement @internet.uqam.ca

ANNEXE D
EXPLICATION DU PROJET DE RECHERCHE

Description of the research project

Objectives

1. Observe the dynamics of the learning processes of grade six students when working in groups with Cricket-Logo robotics;
2. Observe the types of projects being constructed by the students;

Procedure

The people that agree to participate to this study will be asked the following:

Parents and children

The parent that accepts that their child participates to this study will be asked:

- ° To sign to informed consent letter;
- ° To agree to their child being videotaped when working on his or her computer class project until it's completion.

The teacher

The teacher that will accept to participate to this study will be asked:

- ° To sign to informed consent letter;
 - ° To agree to videotaped during classroom time when working with the students on the computer class projects until there completion.
-

ANNEXE E
FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR PARENTS

INFORMED CONSENT
(parents)

The study in which your child is about to participate is designed to observe children's learning processes when working in groups on a technological science project. This research has been approved by the ethics committee of the psychology department of the University of Québec à Montréal (UQÀM).

In this study, your child will be observed and videotaped when working with a group of grade six students during his or her regular computer class routine. Questions pertaining to your child's computer project will be asked only by his or her teacher. No intervention from the researchers with the students will be involved in this study. Please be assured that any information that you or your child provides will be held in strict confidence by the researchers. At no time your name or your child's name will be reported along with information related to the study.

Please understand that your participation in this research is totally voluntary and that you and your child are free to withdraw at any time during this study, without penalty, and to remove any data that you may have contributed.

I acknowledge that I have been informed of, and understand, the nature and purpose of this study, and I freely consent to participate.

Signed: _____ Date: _____

Parent identification (mother or father)

First name: _____

Last name: _____

Child's identification

First name: _____

Last name: _____

ANNEXE F
FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR ENSEIGNANT
INFORMED CONSENT
(Teacher)

The study in which you are about to participate is designed to observe children's learning processes when working in groups on a technological science project. This research has been approved by the ethics committee of the psychology department of the University of Québec à Montréal (UQÀM).

In this study, you and your grade six students will be observed and videotaped when working during your regular computer class routine. No intervention from the researchers with the students will be involved in this study.

Please be assured that any information that you provide will be held in strict confidence by the researchers. At no time your name or your student's names will be reported along with information related to the study.

Please understand that your participation in this research is totally voluntary and that you are free to withdraw at any time during this study, without penalty, and to remove any data that you may have contributed.

I acknowledge that I have been informed of, and understand, the nature and purpose of this study, and I freely consent to participate.

Signed: _____ Date: _____

Teacher identification

First name: _____

Last name: _____
